Allgemeiner Ueberblick

der

Physicalisch-Mathematischen Theorie

der

Krieges-Minen,

oder

Erörterungen über solche, zur Erweiterung

der

Aphoristischen Darstellung

der

Krieges-Minen.

Vom

General von Rode.

Mit einer lithographirten Tafel.

Berlin, 1826.

Bei G. Hayn, Zimmerstraße No. 29.

Stadtmuseum BIBLIOTHEK

BIBLIOTHEK DES ... JÄGER BATAILLON

Berlin, gedruckt bei G. Hayn.

Staatliche
Bibliothek
Passau

A, BC

Seiner Königlichen Hoheit

dem

Prinzen Albrecht von Preußen

unterthänigst gewidmet

vom

Verfasser.

Durchlauchtigster Prinz,
Gnädigster Prinz und Herr,

Euer Königlichen Hoheit huldvolle und äußerst schmeichelhafte Auf- und Annahme der Aphoristischen Darstellung der Krieges-Minen, macht mich so dreist, Höchstdenselben, die Erweiterung obiger Darstellung, oder den Allgemeinen Ueberblick der Physicalisch-Mathematischen-Theorie der Krieges-Minen, ebenfalls ehrfurchtsvoll dar zu bringen.

Möchten Euer Königlichen Hoheit von dem Nutzen dieser Theorie Sich gnädigst zu über-

überzeugen geruhen, und die Vervollkommnung des Gegenstandes derselben dereinst Höchst-Ihrer Aufmerksamkeit würdigen, so ist belohnt, der in tiefster Ehrfurcht erstirbt

Euer Königlichen Hoheit

unterthänigster

von Rode.

Vorbericht.

Der Zweck dieses kleinen Aufsatzes ist; den gegenwärtigen Zustand der Theorie der Krieges-Minen allgemein darzustellen, um dadurch den Denkenden zu weitern Forschungen über diesen wichtigen Theil der Kriegeskunst anzureitzen, so wie auf die Versuche aufmerksam zu machen, welche zur Vervollkommnung derselben beitragen können. Den Kriegeszöglingen wird dadurch zu-

gleich,

gleich, auf eine einfache Weise, der Gesichtskreis über die Minirkunst erweitert, ohne durch tief geführte mathematische Kalküls, von dem Studio derselben abzuschrecken.

Berlin, den 3ten August
1826.

Inhaltsanzeige.

	Seite
Einleitung	1.
Allgemeiner Ueberblick der physicalisch-mathematischen Theorie	7.
Vom Schießpulver	7.
Von den Krieges-Minen	10.
Von der Activitäts- oder Wirkungs-Sphäre .	17.
Von der Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre	19.
Von der Trennungs-Sphäre	27.
Von der Ladung der Krieges-Minen . . .	61.
Von der Form der Minenöfen oder des Pulverraums und von dem Einfluß derselben auf die Bildung der Trichter	66.
Vom Einfluß der Luft auf die Wirkung der Krieges-Minen	70.

Minen-

Seite

Minen-Versuche zur Bestimmung des Kammerraums, für die größtmögliche Wirkung einer Ladung . . . . 76.

Von der Trichtergestalt . . . . 92.

Von den unverdämmten Minen . . . . . 96.

Von den Minen deren Trichter in einander greifen . . . . 109.

Vom Werfen der Projectilen durch die Explosion der Minen . . . . 112.

Einleitung.

Der bei weitem größere Theil der so zahlreich vorhandenen Schriften über die Befestigungskunst handelt allein von der oberirdischen, und nur sehr wenige von der unterirdischen Befestigungskunst. Diese Erscheinung, so auffallend sie auch ist, geht doch ganz natürlich aus dem Eigenthümlichen jeder derselben, die übrigens von einander unzertrennlich sind, hervor.

Dem von Systemen entfesselten Erfindungsgeiste, eröffnet nämlich die oberirdische Befestigungskunst, aus ihr selbst und leicht hervorgehend, ein

 weites

weites und so zu sagen unbegränztes Feld; die unterirdische hingegen, befindet sich fast noch im Entstehen; und da sie stets der oberirdischen untergeordnet war, und bis jetzt nur sehr wenig von der ihr so nöthigen Erfahrung unterstützt worden ist: so geht sie nur furchtsam und ungewiß auf ihrem dunkeln, wenig betretenen Wege fort, und erscheint dem angehenden wißbegierigen Kriegskünstler als ein wahres Labyrinth.

Es wäre unnütz, die Ursachen anzugeben, welche so lange die militairische Minirkunst in ihrer Kindheit erhalten haben, da sich sehr wahrscheinlich weiterhin wenig mehr ihren Fortschritten entgegen stellen wird. Eben so unnütz würde das Bedauern über die dadurch verloren gegangene Zeit seyn, denn es ist die Möglichkeit da, das Versäumte nachzuholen. Schon lange sind die, im Angriff und in der Vertheidigung der Festungen wohl unterrichteten Militairs, überzeugt gewesen, daß die Stärke der Festungen, durch eine gut geordnete unterirdische Befestigung, sehr erhöht werden kann. Diese Ueberzeugung beruht jedoch nicht auf der Meinung, daß die Wirkung der Minen an sich sehr mörderisch sey;

denn

denn nach der Erfahrung ist der Schaden, den sie einzeln gegen Truppen anrichten, im Ganzen nur wenig bedeutend; aber schon der Gedanke ihres Daseyns wirkt tief erschütternd auf das Gemüth des Soldaten, und eben das ist es, was sie für Truppen so furchtbar macht und die Widerstandsfähigkeit der oberirdischen Befestigung so bedeutend erhöht, daß sie darauf einen bleibenden Einfluß haben werden. Unvermuthete Explosionen verborgener Feuer, die wie Vulkane aus dem Innern gänzlich umgekehrter Erde, schleunigst hervorbrechen, und tiefe Gründe zu den Füßen der Angreifer bilden, — erregen selbst bei dem bestgedienten Soldaten Furcht, und eine Behutsamkeit, deren er sich nicht erwehren kann; sein Vordringen wird dadurch verzögert, und der thätigste Belagerer, welcher schnell bis zum Glacis vorgerückt ist, findet sich, wegen der ihm unter dem Glacis gelegten Fallen, aufgehalten, so daß er nicht eher weiter vorzudringen im Stande ist, als bis er sich unterhalb dazu vorbereitet hat. In diesem Sinne sind die Minen wirklich mörderisch, indem sie nämlich die Belagerungszeit, in der Nähe der Festung, bedeutend verlängern, und dadurch Gele-

gen-

genheit geben, dem Angreifer um so größere Verluste beizubringen.

Bei der Belagerung von Bergenopzoom 1747, wurden durch 66 Vertheidigungs-Minen kaum 200 Belagerer getödtet, aber durch die Führung dieses unterirdischen Krieges, wurde der Aufenthalt auf dem Glacis um vier Wochen verlängert, und dadurch ging ein Verlust von 12000 Mann hervor. Die zweite Belagerung von Schweidnitz 1762, gewährt ein ähnliches Beispiel. Uebrigens begränzt sich die Wirkung der Minen nicht auf ein Menschentödten, ihr Zweck ist vielmehr, die Trancheen zu zerstören und die Batterien über den Haufen zu werfen. Seitdem beim Angriff der Festungen die so sehr vermehrten Bombardements und die unzähligen Batterien eingeführt worden sind, hat die Minirkunst für die Vertheidigung ein um so größeres Interesse erhalten; denn die Minen zwingen den Belagerer, der stets erneuerten Chikanen wegen, zu einem nicht so leicht zu beendigendem Kriege und verursachen, daß er den Vortheil der Mehrzahl verliert.

In diesem fast blinden Kriege kann die unwidersprechliche Oberhand des sich vertheidigenden Minirers, über den angreifenden, nicht geläugnet werden. Nur schüchtern wird der letzte vorgehn, obgleich er mit der stark geladenen Mine, als der stärksten hier anwendbaren Waffe, welche die weiteste Entfernung erreicht, versehen ist; weil dies Vorgehen in einem ihm unbekannten Locale und gleichsam aufs Gerathewohl geschehen muß; dagegen ist der erste mit der Localität vollkommen bekannt, und mit allem Nöthigen, zu einem kräftigen Widerstande versehn; wird auch durch Ausfälle unterstützt, die nach seiner Einsicht angeordnet worden; und indem er stehenden Fußes und im Stillen seinen Gegner ankommen hört, ist er bereit, ihn nach Umständen zuvor zu kommen, und zu eignem Vortheil den Streit zu eröffnen. (Aphor. Darstel. d. K. M. S. 6.)

Allge-

Allgemeiner Ueberblick der physikalisch-mathematischen Theorie der Krieges-Minen.

Vom Schießpulver.

Da wie bekannt das entzündete Schießpulver, bei der Verbrennung mehrere ausdehnbare Gasarten entwickelt, und dadurch die Wirkung der Krieges-Minen hervorbringt; so müssen die verschiedenen Erscheinungen, welche bei der Verbrennung des Schießpulvers Statt haben, vorher erwogen werden. Allein, dem gegenwärtigen Zustande unserer Erkenntniß zufolge, läßt sich die Theorie der Ausdehnungskraft des Schießpulvers nur auf einige Thatsachen zurückführen, und zwar:

1. Obgleich die Verbrennung des Schießpulvers sehr geschwind geschieht, so findet sie dennoch nur allmählig und nicht gleichzeitig Statt. Dieser Grundsatz wird jetzt allgemein anerkannt (Bibl. brit. No. 82. S. 28.)

2. Während der Verbrennung des Schießpulvers entwickelt sich eine große Quantität elastisches Fluidum von ganz außerordentlicher Ausdehnungskraft, dessen Wirkung nach allen Seiten Statt hat. Der Rücklauf der Geschütze und die Sprengung der Geschützröhre, wenn sie zu schwach sind, beweisen dies.

3. Die Quantitäten elastisches Fluidum, welche aus zwei Schießpulver-Massen sich entwickeln, sind den Massen proportional. Dies ist an und für sich klar und bedarf daher keines Beweises.

4. Die Pulverladungen, wenn alles andere gleich ist und das ganze Fluidum Zeit sich zu entwickeln hat, sind den Wirkungen, welche sie tagen, proportional. Dieser an und für sich klare Satz, würde auch ohne Ausnahme wahr seyn, wenn die Verbrennung des Schießpulvers gleichzeitig Statt fände. So z. B. wenn man, zur Forttreibung eines

Kör-

Körpers, durch eine bestimmte Geschwindigkeit, eine gewisse Quantität Schießpulver bedarf; so wird eine doppelte Menge desselben nöthig seyn, um einen an Masse doppelt so schweren Körper, der mit dem ersten von gleicher Dichtigkeit ist, unter gleichen Umständen und mit derselben Geschwindigkeit fortzutreiben.

5. Nach Maßgabe, wie sich das, durch die Verbrennung einer gewissen Quantität Schießpulver entwickelte elastische Fluidum in einem größern Raum ausbreitet, verliert es auch an seiner Ausdehnungskraft und zwar nach einem bis jetzt noch unbekanntem Gesetze.

Auf obige fünf Sätze gründet sich, was die Anwendung des Schießpulvers betrifft, die ganze Minirwissenschaft.

Es hat sich bewährt, daß eine Beimengung von trocknen wolligen kienenen Sägespänen zum Schießpulver, dessen Kraft bedeutend vermehrt, und es scheint, daß diese Vermehrung eines Theils der eingeschlossenen Luft, andern Theils der in den Sägespänen stets enthaltenen Feuchtigkeit, bei der Zersetzung der Substanzen in den gasartigen Zustand,

zu

zu zuschreiben sey. Vielleicht beruhet auch die Beimengung fremdartiger Körper zum Schießpulver, bloß auf dem dadurch herbei geführten lockeren Aufeinanderliegen der Pulvertheilchen. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 19).

Statt Sägespäne unter das Schießpulver zu mengen, kann $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ von dessen Gewicht, an pulverisirten frisch gebrannten, ungelöschten Kalk oder $\frac{1}{10}$ des Samens von Sisymbrium Sophia, nach Kops Flora Batavia, damit verbunden werden. Bei den S. 20 der Aphor. Darst. d. K. M. hierüber erwähnten Versuchen, ist aus Versehen $\frac{1}{3}$ des Volumen, statt $\frac{1}{3}$ des Gewichts der Pulverladung, an ungelöschten Kalk beigegeben worden. (Mil. Litt. Zeit. 1824. 5r. Bd. 3s. Heft. S. 237).

Von den Krieges-Minen.

Es scheint daß bis jetzt die Wirkung der Kriegesminen noch nicht mit gehöriger Genauigkeit bis in alle Nebenumstände und anscheinende Kleinigkeiten ist beobachtet worden, um hinlängliche Kenntnisse davon zu erhalten. Bei dieser bedenklichen

Ma-

Materie muß kein Umstand schwankend und ungewiß bleiben, vielmehr muß alles, so weit es möglich ist, mit der strengsten Genauigkeit deutlich bestimmt werden. Hier folgen einige Gedanken, welche, wie man hofft, zum Fortschreiten dieser Wissenschaft beitragen können.

Die theoretische Erklärung der Ergebnisse bei den Kriegesminen, ist, wie bereits bemerkt worden, von der Vollkommenheit noch sehr entfernt, und genügt denen nicht, die an strenge Demonstrationen der physisch = mathematischen Wahrheiten, gewöhnt sind. Sie beruhet auf der Natur der Kräfte, welche sich durch die Verbrennung des Schießpulvers entwickeln, und auf der Art wie diese Kräfte, auf das umgebende Medium, wirken. Die Natur der Kräfte des entzündeten Schießpulvers, kann nur von den über die Verbrennung desselben gemachten Hypothesen, hergeleitet werden. Die Wirkung dieser Kräfte auf das Medium, hängt von der Beschaffenheit des Mediums ab, welches stets veränderlich ist; folglich müssen auch die Wirkungen stets veränderlich seyn, und jeder besondere Fall bedarf einer eigenen Erklärung. Die Erfahrung ist auch hier der

sicherste

sicherste Führer, sobald die Theorie, auf die Kunst angewendet werden soll.

Es ist bekannt, daß das Schießpulver beim Uebergang aus dem concreten in den flüssig-elastisch-glühenden Zustand, nach Robins, einen tausendmal größern Raum einnimmt, oder, welches gleichbedeutend ist, tausendmal stärker wirkt als der Druck der Atmosphäre. Euler glaubt aus Gründen, daß diese Schätzung zehnmal größer seyn müsse. Der Graf von Rumford schließt nach seinen Versuchen, daß die initiale Ausdehnungskraft des Schießpulvers, dem mehr als 55000maligen Druck der Atmosphäre gleich zu setzen sey. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt darin, daß man noch nicht das Gesetz kennt, nach welchem die Ausdehnung der Körper im Allgemeinen, und insbesondere die der flüssig-luftigen Körper geschieht. Dies giebt Gelegenheit zur Entwicklung der zurückstoßenden Kräfte, welche aus den Kräften des Stoßes und des Druckes zusammengesetzt sind. Diese Kräfte wachsen schleunigst, und ihre vereinigte Wirkung ist es, aus welcher fast augenblicklich, die ganze Kraftfülle des entzündeten Pulvers hervorgeht.

Geschieht die Verbrennung im leeren Raume, dann wird sich die elastische Flüssigkeit schnell verbreiten, und den ihrer Natur entsprechenden Raum einnehmen. Wird dagegen die Flüssigkeit von umgebenden Körpern aufgehalten, und kräftig an ihrer Ausdehnung gehindert, dann wirkt sie gegen diese Gegenstände, nach Maßgabe der bereits bemerkten Kräfte, nämlich des Stoßes und des Druckes, zusammen genommen. Die Erfahrung bestätiget dies bei den Kanonenschüssen, beim Auffliegen der Pulvermagazine, und der Munitionswagen, wo allein die Luft der Wirkung des Schießpulvers widersteht; der ersten wird dadurch eine Translations-Bewegung mitgetheilt, die fähig ist, die stärksten Gegenstände umzuwerfen und zu zerstören (*); zugleich ist damit eine Vibrations- d. i. zitternde Bewegung verbunden, die auf großen Entfernungen die Saiteninstrumente zum Tönen bringt.

Um

(*) Auf der Oranienburger Chaussee bei Berlin flog ein, mit einigen Centnern Schießpulver und mit etwas Eisenmunition beladener Wagen, auf, und richtete an den Gebäuden in der Umgegend, eine große Zerstörung an.

Um über die Wirkung eines Minenofens, d. i. Minenladung, in einem gewöhnlichen Erdboden, dessen Theilchen anhängig sind nnd der zugleich preßbar ist, gehörig zu urtheilen, kann man annehmen, daß der Erdboden in jedem Sinne unbegränzt sey, und hierauf untersuchen, welche Wirkung die entzündete Ladung auf das umgebende Medium äußern wird. Hier wird die erste Erdlage, die zunächst in Berührung mit dem Minenofen ist, gänzlich gedrückt und zusammengepreßt, sowohl durch die successive Erschütterung, als durch die Gewalt des Drucks. Diese Bewegung theilt sich den verschiedenen Erdlagen, bis zu einer gewissen Entfernung, mit, über welche hinaus keine sehr empfindbare, wohl aber noch eine zitternde Bewegung Statt hat, die sich nach Verhältniß der Elasticität des Erdbodens, mehr oder weniger, ausdehnt. Dies ist die zitternde Bewegung, welche die Zuschauer unter ihren Füßen empfinden, und die Truppen, die ihr ausgesetzt sind, verlegen macht. Es bildet sich also hiernach bei einer gezündeten Mine:

1) eine große Sphäre, die Activitäts- oder Wirkungssphäre, die vom Mittelpunkt des Schießpul-

vers

vers bis zu dem Punkte geht, wo alle Wirkung aufhört. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 5),

2) eine Sphäre, die Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre, die sich von den Wänden des Minenofens bis dahin erstreckt, wo die Erdtheilchen keiner Translations-Bewegung weiter unterliegen und also die Zähigkeit nicht mehr vernichtet wird. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 14), und

3) eine Sphäre, die Trennungs-Sphäre, welche den Theil der Zerreiblichkeits-Sphäre ausmacht, wo die Galerien, die Gewölbe, die Mauern u. s. w. beschädigt, und die hohlen Räume gefüllt werden.

Zu mehrerer Deutlichkeit wird, nach Fig. 1., folgende Bezeichnung festgestellt:

1) die Ladung des Minenofens F = . . . L.
2) die Explosions- oder kürzeste Widerstandslinie CF = ... H.
3) der Trichterhalbmesser CD = ... R.
4) der Explosionshalbmesser FD = ... T.

5) die

5) die Höhe CI einer Lage lockerer Erde, d. i. einer dergleichen Erdsäule von 22 Fuß, gleich dem Drucke der Atmosphäre, auf die Dichtigkeit des correspondirenden Mediums zurück geführt = ... b.

6) besteht dagegen, die gedachte Säule, wie gewöhnlich, aus zäher und compressibeler Erde, so ist die Höhe CI nur zu 11 Fuß, gleich dem Drucke der Atmosphäre, u. s. w., anzunehmen; folglich = ... $\frac{b}{2}$.

7) der Halbmesser FG der Friabilitäts-Sphäre = ... M.

8) der Halbmesser CG des Friabilitäts-Kreises der sich um den Trichter bildet = . N.

9) die Zähigkeit des Mediums LPM, verbunden mit dem Gewicht, der Dichtigkeit und Trägheit = ... P.

10) die Elasticität des Mediums = ... E.

Zugleich sollen l, h, r, t, m, n, p, e, die correspondirenden Gegenstände bei einem andern Minenofen, die sämmtlich durch die Erfahrung bereits sind bestimmt worden, bezeichnen.

Von

Von der Activitäts- oder Wirkungs-Sphäre.

Die Wirkung der Minenöfen oder der Minenladungen ist kugelförmig. Das Verhältniß der Ausdehnung der Wirkung, oder die erreichbare Entfernung derselben, ist zusammen gesetzt aus den geraden Verhältnissen der gebrauchten Ladung, und der Elasticität des Mediums in welchem solche wirken, und aus dem umgekehrten der Zähigkeit dieses Mediums, d. i. $A : a = L.E.p : l.e.P.$; wo $A : a$ das Verhältniß der erreichten Ausdehnung der Wirkung; $L : l$ aber, das Verhältniß der Ladung ist, und die andern Verhältnisse in der angeführten oder in der Bedeutung von S. 9 der Aphor. Darst. d. K. M. zu nehmen sind. Je mehr sich die Wirkung ausdehnt und vom Mittelpunkt des Ofens oder der Ladung entfernt, je schwächer wird ihre Kraftäußerung; jedermann weiß, daß sie sich in der Erde, im Wasser, in der Atmosphäre, sehr weit in Sphären fort-

fortpflanzt, und daß ihre Gränzen fast unmerkbar und unbekannt sind (*).

In dieser nicht streng abgegränzten Activitäts- oder Wirkungssphäre, befinden sich die andern, durch die Erfahrung mehr bestimmten Sphären, welche durch Rechnung leichter zu schätzen sind, und auf welche der Minirer seine besondere Aufmerksamkeit richten muß. Dies sind nämlich die Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre, und die Trennungs-Sphäre.

Von

(*) In gewöhnlicher Erde hört man in der Entfernung von 10 Ruthen den Minirer arbeiten. Die Explosion einer Mine die 10 Fuß tief liegt, und mit 100 Pfd. Schießpulver geladen ist, verursacht eine Erschütterung, die über der Erde, in einer größern Entfernung als 50 Ruthen, empfunden, und innerhalb der Erde, vielleicht, in dieser doppelten Entfernung gehört wird. Diese Wirkungen ändern sich im Verhältniß der Elasticität des Erdbodens. Im Tufstein, der elastischer ist, wird daher eine noch viel größere Wirkungssphäre bemerkbar. Es ist bekannt, auf welche außerordentliche Entfernungen sich die Pulverexplosionen ausdehnen. Im Jahre 1774 flog in der Umgegend von Berlin, ein etwann 40 Ctr. enthaltendes Pulvermagazin auf, und richtete nicht allein in der Umgebung eine starke Zerstörung an, sondern die Erschütternng des Bodens war noch in einer Entfernung von mehr als 3000 Schritten bemerkbar.

Von der Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre.

Unter Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre, wird diejenige Sphäre verstanden, in welcher das entzündete Schießpulver noch hinlängliche Kraft hat, die Zähigkeit des Mediums in dem es wirkt, zu vernichten, dessen Theile zusammen zu pressen, zu trennen, und ihnen eine Translations-Bewegung mitzutheilen. Jenseits der Zerreiblichkeits-Sphäre, also in den verbliebenen Theil der Wirkungssphäre, reducirt sich die Wirkung des Minenofens oder der Minenladung, wie schon gesagt, auf eine bloße zitternde Bewegung, welche nach der Elasticität des Mediums, mehr oder weniger ausgedehnt ist. Wenn die Zerreiblichkeits-Sphäre ganz in dem Medium, in welchem die Versuche geschehen, eingeschlossen ist, so ist es klar, daß die durch die spielende Mine entstehende Trennung, innerhalb der Gränzen des Mediums Statt hat, nnd sich auf eine bloße Zusammenpressung reducirt. Uebersteigt hingegen die Zerreiblichkeits-Sphäre die gedachten Gränzen, d. h. wenn die Sphäre QEPGQ (Fig. 1.), durch die

Linie

Linie LM des Erdbodens durchschnitten wird, dann wird der Minenofen F eine Explosion tagen, wodurch eine gewisse Quantität Erde herausgeworfen, und, wenn kein anderes Hinderniß vorhanden, ein Trichter EAG gebildet wird, dessen Durchmesser EG auf der Erdoberfläche befindlich ist. Man sagte, daß wenn kein anderes Hinderniß, nämlich die Atmosphäre, vorhanden wäre, oder wenn solche keine Schwere hätte, denn nur in diesem Fall kann die angegebene Wirkung des Minenofens oder der Minenladung Statt finden. Allein die Atmosphäre drückt auf die Erdoberfläche, und dieser Druck ist, nach dem Verhältniß der Dichtigkeit, einer Lage NO, von lockerer, schon gesprengter Erde oder einer dergleichen Erdsäule, gleich, deren Höhe CI, 22 Fuß beträgt. Besteht dagegen gedachte Erdsäule wie gewöhnlich, aus zäher und preßbarer Erde, so beträgt deren Höhe CI nur 11 Fuß. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 18). Dies ist ein beträchtlicher Druck, der dahin strebt, die Wirkung der Minen zu vermindern, und den Halbmesser CG des primitiven Trichters, auf den viel kleinern CD zu reduciren.

Wäre

Wäre der Druck der Atmosphäre nicht vorhanden, so würde, wie schon gesagt, die Mine F den Trichter EAG tagen. In der Wirklichkeit bildet sie aber nur den Trichter BAD, wegen des oben angegebenen Drucks der Atmosphäre auf BD. Dies ist aber eben soviel, als wenn eine neue Explosionsfläche NO, die Friabilitäts-Sphäre, in der Höhe von 11 Fuß über der ersten Explosionsfläche LM, schneidet, wo HBADK der figurative oder vorbildliche Trichter und BAD, wie schon gesagt, der wirkliche Trichter oder der sichtbare Effect ist. Diese Wirkungen, die durch dieselbe Kraft hervorgehen, sind einander gleich, und geben, im ersten Momente der Explosion betrachtet,

$$\frac{\pi}{2} \cdot R^2 . (H + b) = \frac{\pi}{2} \cdot N^2 . H \text{ oder}$$

$$R^2 . (H + b) = N^2 H,$$

welches der Ausdruck des unten S. 24 folgenden Satzes ist, und den Halbmesser der Friabilität jeder Mine giebt, deren Trichterhalbmesser, und deren Explosionslinie bekannt sind; denn es ist

$$N = R . \sqrt{\frac{(H + b)}{H}}$$ der Halbmesser des Friabilitäts-Kreises,

und

und da $M^2 = N^2 + H^2$; so ist

$$M = \sqrt{H^2 + \frac{R^2 (H + b)}{H}}$$ der Halbmesser der Friabilitäts-Sphäre.

Hierbei ist zu bemerken, daß der Inhalt des Minen-Trichters, ohne merklichen Fehler, dem Inhalte eines Cylinders gleich gesetzt werden kann, der zur Grundfläche den größten Kreis des Trichters, und zur Höhe die halbe Explosionslinie hat, oder richtiger, als der Inhalt eines parallel abgestumpften Kegels, dessen größter Kreis die äußere Kreisfläche des Trichters ist, und in der Oberfläche des Mediums liegt, dessen kleinster Kreis aber nur einen halb so großen Durchmesser hat, und im Mittelpunkt des Pulvers oder der Minenladung liegt, so daß die Höhe dieses Kegels der Explosionslinie gleich ist. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 3). Genau genommen, ist aber die Form des Trichters eine parallel abgestumpfte Paraboloide.

Der cubische Inhalt des Explosions-Körpers, d. i. des Auswurfs oder der Garbe, als Cylinder berechnet, ist im Allgemeinen $= \pi . R^2 . \frac{H}{2}$. Der

Aus-

Auswurf, als parallel abgestumpfter Kegel berechnet, ist im Allgemeinen

$$= (R^2 + \tfrac{1}{2} R^2 + \tfrac{1}{4} R^2) . \frac{\pi . H}{3} = \tfrac{7}{12} \pi . R^2 H.$$ Der

Auswurf, als parallel abgestumpfte Paraboloide berechnet, ist im Allgemeinen $= \pi . R^2 . \tfrac{1}{2} . (H + \tfrac{3}{16} R)$, und als ganze Paraboloide berechnet $= \pi . R^2 . \tfrac{1}{2} . (H + \tfrac{1}{4} R)$.

Setzt man $\pi = 3, 14$; so ist, wenn $R = H$, im ersten Fall, die Minengarbe im Allgemeinen

$$\frac{\pi}{2} . H^3 = 1, 57. H^3;$$

im andern Fall ist sie $\tfrac{7}{12} \pi . H^3 = 1, 8316. H^3$; im dritten Fall ist sie =

$$= \pi . H^2 . \tfrac{1}{2} . [(1 + \tfrac{3}{16}) . H] = \tfrac{19}{32} \pi . H^3 = 1,864375. H^3;$$

im letzten Fall

$$= \pi . H^2 . \tfrac{1}{2} . [(1 + \tfrac{1}{4}) . H] = \tfrac{5}{8} \pi . H^3 = 1, 9625.$$

Setzt man aber $\pi = \tfrac{22}{7}$, so ist die Minengarbe im ersten Fall $= 1, 5714. H^3$; im andern Fall

$$= 1, 83333. H^3 = \tfrac{11}{6} . H^3 = (2 - \tfrac{1}{6}) . H^3$$

(Aphor. Darst. d. K. M. S. 6), im dritten Fall $= 1, 866. H^3$, und im letzten Fall $= 1, 9642. H^3$.

Der primitive Halbmessor CG, scheint sich zu dem wirklichen Halbmesser CD zu verhalten, wie die Quadratwurzel aus der Explosionslinie plus der

Höhe

Höhe der Säule des Drucks, zur Quadratwurzel aus der Explosionslinie, d. h.

$$CG : CD = \sqrt{(H + CI)} : \sqrt{IC},$$

oder $N : R = \sqrt{H + b} : \sqrt{H}$

d. i. $R^2 . (H + b) = N^2 H.$

Dies ist die bereits oben S. 21. angeführte Gleichung. Der wirkliche Trichter BAD geht hiernach aus dem figurativen Trichter HB|ADK hervor, der durch das fingirte Terrain NO begränzt wird.

Der Theil BEAGD unterliegt einem Stoße, der ihn über die Linie LM hinweg zu heben strebt; ein gleiches wiederfährt dem Theile BAD; allein der Druck oder das Gewicht der Atmosphäre, wenn LM horizontal ist, hält den ersten Theil zurück. Wenn sich hiernach in dem Zwischenraume DG, eine zum Horizont geneigte oder lothrechte Fläche RS befindet, z. B. das Talû einer Brustwehr, einer Futtermauer, eines Strebepfeilers, einer Galerie, einer Kasematte u. s. w., so erfährt offenbar der Theil RS, obgleich er sich außerhalb des Trichters befindet, einen Grad von Vernichtung, der seiner materiellen Beschaffenheit, der Wirkung der Mine und der

Ent-

Entfernung DR, proportional ist; der Trichter wird dadurch modificirt werden, welches die Erfahrung vollkommen bestätiget (*).

Wie sich übrigens auch das Verhältniß, zwischen der Ladung, der Explosionslinie, und dem Halbmesser des Trichters einer Mine verändern mag, so wird der Halbmesser CG des friabeln Kreises, der sich um den Trichter bildet, stets derselben Veränderung unterworfen seyn, welche der Halbmesser CD dieses Trichters dadurch erleidet; und eben dies wird mit dem Halbmesser FG der Friabilitäts-Sphäre der Fall seyn,

(*) Nach der Erfahrung von Cormontaigne wurde 4 Fuß vom Trichterrande der Mine No. 3, man sehe die unten folgende Tafel von 5 Minen-Versuchen S. 33, der Kamm des Glacis umgeworfen. Cormontaigne glaubt, daß dies auch auf 6 Fuß vom Trichterrande würde Statt gehabt haben; sehr wahrscheinlich aber würde dies auch auf 9 Fuß vom Trichterrande erfolgt seyn. Nach Alix ist bei den Minen gewöhnlicher Ladung, die Entfernung der gequetschten Erde vom Trichterrande, der halben Explosionslinie gleich. Cormontaigne hat auch beobachtet, daß sich die Trichter gegen die Höhlungen, die sich in ihrer Nähe befinden, hinwenden, und daß dadurch ihre Gestalt verändert wird. Diese Wirkungen rühren von gleicher Ursache her.

seyn, wenn der Halbmesser FD der Explosion, nach Umständen sich ändert.

Es ist leicht begreiflich, daß solche Umstände eintreten können, die da verursachen, daß eine Mine zugleich nach mehreren Richtungen wirkt, mehrere Exblosionslinien hat, und also mehrere Effecte ergiebt, die in einander greifen, oder von einander abgesondert seyn können, je nachdem die Richtung der Wirkung oder die Explosionslinien, von einander entfernt sind, oder je nachdem die Zähigkeit des Erdbodens beschaffen ist. Eine Mine, die gleichzeitig einen Trichter tagt, und Galerien in ihrer Nähe berstet; eine Bombe, welche in Stücken zerplatzt, sind Minen dieser Art, d. h. Minen mit mehreren Explosionslinien.

Hieraus geht das Schwankende des bis jetzt gebräuchlichen Ausdrucks von kürzester Widerstandslinie, um eine der Explosionslinien der Mine zu bezeichnen, hervor. Die kürzeste Widerstandslinie kann nur einzig seyn, und ist diejenige gerade Linie, welche aus der Mitte der Pulverladung bis zur nächsten Leere reicht, und ist daher die kürzeste unter allen sonst noch bestehenden Explosionslinien.

Von

Von der Trennungs-Sphäre.

Unter Trennungs-Sphäre wird der Theil der Wirkungs-Sphäre einer Mine verstanden, in welchem das entzündete Schießpulver noch hinlängliche Kraft hat, um fremde Körper, welche sich im Medium, innerhalb der Explosion, befinden, zu zerstören; d. h. mit andern Worten, die Trennungs-Sphäre einer in der Erde wirkenden Mine, ist diejenige, in welcher die Galerien von Holz und Stein zerstört, die Futtermauern umgeworfen werden, die Souterrains bersten, u. s. w.

Die Trennung-Sphäre hat einen mittlern Halbmesser zwischen dem Explosions- und Friabilitäts-Halbmesser. Gewöhnlich ist er kleiner als dieser und größer als jener; denn die Minen zerstören die Galerien in größern Entfernungen als FD, wie die unten folgende Tafel von fünf Minen-Versuchen S. 33 in No. 4. und 5. zeigt. Wenn die unterirdischen Galerien oder andere zu zerstörende Gegenstände aus einem festern Materiale als aus dem des sie einschließenden Mediums, bestehn, welches der gewöhnliche Fall ist, so sind die Halbmesser der Trennung

klei-

kleiner, als die der Zerreiblichkeit. Sind dagegen die Galerien, Souterrains u. s. w. mit dem Medium von gleicher Materie, z. B. wie die Gewölbe, die in Felsen, in einem festen Tuffstein aufgehauen, oder in einer Futtermauer angebracht sind, dann sind Trennungs- und Zerreiblichkeits-Sphäre von gleicher Größe.

Es ist einleuchtend, daß es für eine und dieselbe Mine so viele Trennungs-Sphären giebt, als Gegenstände zu zerstören vorhanden sind, und für jeden dieser Gegenstände wieder eben so viele, als solcher verschiedene Widerstandsgrade enthält. Nur allein die Erfahrung kann ein so unbestimmtes Problem fixiren. Außerdem muß man zum Nachtheil der Kunst gestehn, daß die Versuche über einen so wichtigen Theil noch fehlen, wenigstens nicht zahlreich oder nicht umständlich genug angestellt worden sind, um darauf eine sichere Theorie gründen zu können. Nur von zwei Versuchen scheint es erwiesen, daß sie Licht über diese Materie verbreiten können, das sind die Minen No. 4. und 5. der unten S. 33 folgenden Tafel von fünf Minen-Versuchen.

1. Die Mine No. 4. nämlich hat nach horizontaler Richtung, in der Entfernung von 49, 68 Fuß von ihrem Mittelpunkt, und 39, 83 Fuß in lothrechter Richtung von oben nach unten, die hölzernen und steinernen Galerien von 6 Fuß Höhe und 3 Fuß Breite, zum Bersten gebracht.

2. Die Mine No. 5. hat, in beiden angeführten Richtungen, auf steinerne und hölzerne Galerien von 5 Fuß Höhe und 3 Fuß Breite, denselben Effect getagt. Die Thürgerüste der letztern waren 2 Fuß von einander entfernt, und bestanden aus Tannenholz 6 bis 8 Zoll ins Gevierte, die Bretter waren $1\frac{1}{2}$ Zoll stark.

Aus diesen Versuchen scheint hervor zu gehn, daß die steinernen Galerien beinahe eben so wie die hölzernen, widerstanden haben. Auch scheint es sich zu bestätigen, daß die Trennungs-Sphären, und wahrscheinlich auch die Zerreiblichkeits-Sphären, streng genommen, sphärisch sind, wenn die Wirkung der Minen innerhalb der Gränzen des Mediums concentrirt ist, während diese Form merklich sich abändert, wenn die Minen-Trichter tagen; in welchem

Fall,

Fall, die Form sphäroidisch gegen den untern Theil abgeplattet ist, als welches sehr natürlich zugeht.

Wenn man über die Natur der Elemente dieses Problems nachdenkt, so würde hervorgehen, daß die Trennungshalbmesser zweier Minen, im geraden Verhältnisse des Halbmessers der Explosion, und der Elasticität des Mediums, und im umgekehrten Verhältnisse der Zähigkeit des Mediums, oder der Widerstandskraft des zu zerstörenden Gegenstandes stehen, d. i. wenn die Halbmesser der Trennung mit K und k bezeichnet werden,

$$K : k = TEp : teP$$

oder $$K : k = \frac{TE}{P} : \frac{te}{p},$$

und $$K = \frac{E}{e} \cdot \frac{P}{p} \cdot \frac{T}{t} \cdot k$$

Dies scheint den wenigen bekannten Versuchen zu entsprechen; allein der physischen Klarheit beraubt, muß man die Unzulänglichkeit dieser Angabe, und daher die unwiderrufliche Nothwendigkeit einer, von der Erfahrunng noch zu erwartenden Bestätigung derselben, eingestehn.

Die-

Dieser Hypothese zufolge sind die Halbmesser der Trennung der Minen No. 1., 2. und 3., der unten S. 33 folgenden Tafel von fünf Minen-Versuchen, berechnet, und dabei gleichartige Medien, wie auch zu vernichtende Objecte von derselben Beschaffenheit, vorausgesetzt worden. Die Halbmesser der Trennung der Minen No. 4. und 5. beruhen allein auf Versuchen.

Es ist wichtig, die allgemeinen Verhältnisse zu kennen, welche zwischen den wesentlichen und veränderlichen Elementen der Minen Statt finden, nämlich zwischen der Ladung, der Explosionslinie, dem Halbmesser des Trichters, dem Halbmesser der Explosiou, dem Halbmesser der Trennung, dem Halbmesser der Zerreiblichkeit n. s. w. Wie begreiflich, muß dieser Grundtheil der militairischen Minirkunst sich auf die Erfahrung stützen; allein leider ist diese Mutter aller physisch-mathematischen Wissenschaften noch nicht hinlänglich zu Rathe gezogen worden. Die kleine Anzahl vorhandener Versuche, gewähren bis jetzt noch nicht hinlängliche Resultate, um alle Fragen des Kriegskünstlers beantworten zu können. So z. B. ist stets verabsäumt worden, die Höhe an-

zu-

zugeben, welche die aus dem Trichter herausgeworfene Erde oder die Minengarbe erreicht, obgleich daraus die Geschwindigkeit hervor geht, wodurch weiterhin die Vergleichung der Quantitäten der Bewegung sehr erleichtert worden wäre, und wodurch gewiß vortreffliche Entdeckungen würden herbei geführt worden seyn.

Von den vorhandenen Versuchen werden hier nur fünf angeführt, welche sich am besten zu bestätigen scheinen, und den Minirer, bis der physicalisch-experimentale Theil der Krieges-Minen hinlängliche Vollkommenheit erreicht hat, sicher genug führen werden.

Minen.	Ladungen. L.	Explosions-Linie. H.	Trichter-Halbmesser. R.	Explosions-Halbmesser. T.	Trennungs-Halbmesser in horizontaler Richtung.	Trennungs-Halbmesser in lothrechter Richtung von oben nach unten.	Halbmesser der Zerreiblichkeit. M.	Halbmesser des Friabilitätskreises um den Trichter. N.
No. 1.	104,5 Pfd.	10,35 [1]	10,35 [1]	14,49 [1]	17,59 [1]	=	21,22 [1]	18,63 [1]
= 2.	179,74 =	12,42	12,42	17,59	22,15	=	24,11	20,7
= 3.	488,45 =	16,56	16,56	23,29	29,39	=	30,74	25,87
= 4.	3762,0 =	12,42	37,26	39,33	49,68	39,33 [1]	64,38	62,13
= 5.	3135,0 =	15,52	34,15	37,57	49,68	39,33	56,92	54,65

Von den Minen No. 1., 2., 3 sind die Trennungs-Halbmesser in horizontaler Richtung durch Rechnung bestimmt worden; eben so die beiden Kolonnen in Beziehung auf die Zerreiblichkeit. Alles andere in dieser Tafel ist das unmittelbare und reine Resultat der Versuche. Es scheint, daß die Trennungs-Halbmesser in lothrechter Richtung von oben nach unten, sehr merklich den Explosions-Halbmesser gleich kommen (*).

Die Ladungen der Minen stehen unter sich im geraden Verhältniß der Zähigkeit der Medien, des Quadrates der Trichterhalbmesser, und der Explosionshalbmesser, und im umgekehrten Verhältnisse der Elasticität der Medien (Aphor. Darst. d. K. M. S. 9).

Be-

(*) Mèmoire fur la Forti. souterraine. Par Marescot, premier Inspecteur de l'arme du Génie. Im Journal de L'ecole Polytech., Onzième Cahier. — Art militaire et de Fortification. Par Gay de Vernon, Tome second, pag. 213.

Behält man dieselbe Bezeichnung, wie oben angeführt worden, bei, so ergiebt sich die Proportion $L : l = \frac{R^2 T P}{E} : \frac{r^2 t p}{e}$; und die daraus abzuleitende Gleichung, $\frac{L E}{R^2 T P} = \frac{l e}{r^2 t p}$, ist eine Fundamental-Gleichung, deren zweiter Theil nur aus bekannten Größen besteht, welche in den fünf angeführten Versuchen, oder auch schon in einem von ihnen enthalten sind. Mithin ist

$$L = \frac{l}{r^2 t} \cdot \frac{P}{p} \cdot \frac{e}{E} \cdot R^2 T$$

(Aphor. Darst. d. K. M. S. 10).

Betreffend die Werthe von P, p, so folgt hier ein Verzeichniß der Versuche, woraus die verschiedenen Grade des Widerstandes sich ergeben, welchen die Minen, durch die Combination der Zähigkeit, der Schwere, und der Dichtigkeit und Trägheit der verschiedenen compacten Medien in welchen sie wirken, unterliegen. Jedoch ist dabei zu bemerken, daß, obgleich dies Verzeichniß das Resultat der Untersuchungen sehr achtungswerther Autoren ist, solche dennoch unter sich nicht hinlänglich darüber einstimmend waren, um nicht neue Versuche über die=

diesen Gegenstand wünschen zu lassen. Das Verhältniß $\frac{P}{p}$ war:

für gewöhnliche Erde mit etwas Kies gemischt 1,00
für schw. Sand, Tuf u. aus diesem gemischte Erde 1,30
für schweren Thon, fette Erde und frisches Mauerwerk 1,40
für laufenden Sand 1,50
für altes gutes Mauerwerk 1,58
für Quadersteine, Felsen 1,75

Hiernach erhält L folgende Werthe:

Beschaffenheit der Erdarten.	Ladungen oder Werth von L.
Gewöhnliche Erde mit etwas Kies vermischt	0,071. R^2 T
Schwerer Sand, Tuf und aus diesen gemischte Erde	0,092. R^2 T
Schwerer Thon, fette Erde und frisches Mauerwerk	0,099. R^2 T
Laufender Sand	0,106. R^2 T
Altes gutes Mauerwerk	0,1122. R^2 T
Quadersteine und Felsen	0,12425. R^2 T

Man

Man sehe die Aphoristische Darstellung der Krieges=Minen S. 11.

Es ist überflüssig hier die Reflexionen und Kalküls anzuführen, welche zu diesen einfachen, bequemen und wichtigen Resultaten geführt haben, und es reicht hin, zu wissen, daß solche streng genug mit allen bekannten Versuchen übereinstimmen. Sie enthalten die allgemeinen Verhältnisse, welche die vorzüglichsten Elemente der militairischen Minirkunst mit einander verbinden. Dem Gedächtnisse sind sie leicht einzuprägen, auch können sie durch Beihülfe einiger bekannten Versuche, wie z. B. die oben in der Tafel der fünf Minen=Versuche S. 33. angeführten, die Stelle der Minentafeln vertreten; dem Miniroffizier dienen sie, fast in allen Umständen des unterirdischen Krieges, zum sichern Führer; endlich erklären sie mehrere Sätze über die Minen, und lösen den größten Theil der Minen=Aufgaben auf, z. B.

Erste Aufgabe. Aus der gegebenen Position einer Mine, in einem Medium von bekannter Zähigkeit und Elasticität, die Ladung zu finden wodurch ein bestimmter Punkt gesprengt werden soll.

Die

Die Fundamental-Gleichung

$$\frac{LE}{R^2\,TP} = \frac{le}{r^2\,tp}$$

giebt den Werth von

$$L = \frac{l}{r^2\,t} \cdot \frac{P}{p} \cdot \frac{e}{E} \cdot R^2\,T$$

(Aphor. Darst. d. K. M. S. 10).

In Betreff dieser Aufgabe hat der General Marescot, aus mehreren Versuchen welche bestimmte Resultate ergaben, gefunden: daß für Erdminen gewöhnlicher Art, ein beständiger Quotient, von ungefähr $\frac{1}{14}$, Statt findet, dieser Quotient ergiebt sich, wenn die Minenladung dividirt wird, durch das Product aus dem Quadrate des Trichtershalbmessers in den Explosionshalbmesser; d. i.

$$\frac{L}{R^2\,T} = \frac{l}{r^2\,t} = \frac{1}{14} = 0{,}0714285 \ldots$$

(Aphor. Darst. d. K. M. S. 10). Hieraus folgt für dergleichen Medien: $L = \frac{R^2\,T}{14}$, oder

$$L = R^2\,T \cdot \tfrac{1}{14};\; T = \frac{14\,L}{R^2} \text{ und } \frac{R^2\,T}{L} = 14.$$

Um daher für Minen in gewöhnlicher Erde, die nöthige Ladung in Pfunden zu finden, darf man

nur

nur das Quadrat des Trichterhalbmessers, mit dem Explosionshalbmesser, beide in Fuß ausgedrückt, multipliciren und das erhaltene Product durch 14 dividiren; ein Verfahren, welches eben so leicht zu behalten, als einfach auszuführen ist, und im unterirdischen Kriege häufig in Anwendung kommt. Wendet man diese Regel zur Auflösung der Aufgabe, in der Aphor. Darst. d. K. M. S. 11 an; so ist

$$L = \frac{R^2\ T}{14} = \frac{400.\ 22{,}36}{14} = 638{,}85 \text{ Pfd.} =$$

$$5 \text{ Ctr. } 88 \text{ Pfd.} = 5\tfrac{4}{5} \text{ Ctr.}$$

Beide Resultate stimmen hiernach hinreichend genau überein.

Wenn $H = R$, wie bei gewöhnlichen Trichterminen; so ist, nach der eben bemerkten Regel, $L = \frac{H^2\ T}{14}$. Es ist aber in diesem Fall, $T^2 = 2\ H^2$; mithin $T = H. \sqrt{2}$; folglich

$$L = H^3 \frac{\sqrt{2}}{14} = H^3. \ \frac{1{,}4}{14} = \frac{H^3}{10} = \tfrac{1}{10}\ H^3.$$

Woraus hervor geht: daß die bekannte Art, nach welcher die Minirer, die Pulverladung für gewöhnliche Minen zu berechnen pflegen, ebenfalls in der Marescotschen Regel enthalten ist.

Aus

Aus dem ersten Werth von $L = \frac{R^2 T}{14}$ folgt, daß sich in einerlei Medien die Ladungen zu einander verhalten, wie die Producte aus dem Quadrate des Trichterhalbmessers in den Explosionshalbmesser, d. i. $L : l = R^2 T : r^2 t$.

Die Tournayschen Versuche haben gezeigt, daß wenn die Ladungen den Trichterinhalten proportional sind, man beinahe die gewünschte Wirkung erhält, also ist:

$$L : l = \pi R^2 . \frac{H}{n} : \pi r^2 . \frac{h}{n} \ldots\ldots (\odot).$$

Da die Explosionskörper oder Trichterinhalte stets als ähnliche Körper vorausgesetzt werden, so ist $\frac{H}{h} = \frac{T}{t}$; dies in die Formel ($\odot$) substituirt, giebt auch $L : l = R^2 T : r^2 t$. Oder, nach der Formel ($\odot$):

$$L : l = R^2 . H : r^2 h$$

$$L : l = R^2 . \frac{H}{h} : r^2$$

$$\frac{H}{h} = \frac{T}{t}$$

$$\text{also } L : l = R^2 . \frac{T}{t} : r^2$$

$$\text{folglich } L : l = R^2 . T : r^2 . t.$$

Aus

Aus den andern Werthe von $L = \frac{1}{10} H^3$, wo die Trichterhalbmesser den Explosionsaxen, wie bei den gewöhnlichen Minen, gleich sind, folgt, daß sich in einerlei Medien, die Ladungen zu einander verhalten, wie die Würfel der genannten Linien, d. i. wie die Würfel der Trichterhalbmesser oder wie die Explosionsaxen, weil die Körper einander ähnlich, oder $L : l = R^3 : r^3 = H^3 : h^3$.

Um das obige, nur für Erdminen gewöhnlicher Art, passende Verhältniß $\frac{L}{R^2 T} = \frac{l}{r^2 t} = \frac{1}{14}$; auf alle Medien anwenden zu können, bringt der General Marescot damit noch Folgendes in Verbindung, und zwar: in geradem Verhältniß, die Zähigkeit mit der zugehörigen Dichtigkeit und Trägheit (P), und, in umgekehrtem Verhältniß die Elasticität (E) des Mediums; woraus folgt, daß

$$L : l = P. T. R^2. e : p. t. r^2. E, \text{ und}$$

also $L = \frac{l}{r^2 t} \cdot \frac{P}{p} \cdot \frac{e}{E} \cdot R^2 T = \frac{1}{14} \cdot \frac{P}{p} \cdot \frac{e}{E} \cdot R^2 T$ ist.

Wird hiernach die Ladung einer gewöhnlichen Mine von zehen Fuß Explosions- oder kürzester Widerstandslinie berechnet, so ist, weil $\frac{P}{p} = 1, 40$

(S. 36

(S. 36 Z. 6. v. o.) und $\frac{e}{E} = 1$; (Aphor. Darst. d. K. M. S. 10): $L = \frac{1}{14} . 1, 40. 100. 14,14 = 141,4$ Pfd.; welches mit der in der Aphor. Darst. d. K. M. S. 13, auf andere Weise geführten Berechnung, genau genug übereinstimmt.

Zweite Aufgabe. Es soll der Explosionshalbmesser für eine bestimmte Ladung, in einem Medium von bekannter Zähigkeit und Elasticität, gefunden werden.

Diese Aufgabe kommt in Anwendung, wenn der Minirer gegen eine Galerie, gegen eine Futtermauer, u. s. w., die er nicht beschädigen darf, und daher die Ladung nicht vermehren kann, gleichlaufend vorrückt.

Es wird (T) aus der Fundamental-Gleichung $\frac{L E}{R^2 T P} = \frac{l e}{r^2 t p}$ abgeleitet, also:

$$T = \frac{L . r^2 . t . p . E}{l . R^2 . P . e} = \frac{L}{l} . \frac{r}{R^2} . \frac{p}{P} . \frac{E}{e} . t$$

oder $T = \frac{r^2 t}{l} . \frac{p}{P} . \frac{L}{R^2}$, wenn $E = e$ ist. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 10).

$T = 14,14 . \frac{p}{P} . \frac{L}{R^2}$ (Aphor. Darst. d. K. M. S. 9. u. f.),

oder $T = 10 \sqrt{2} . \frac{p}{P} . \frac{L}{R^2}$.

Das

Das Verhältniß $\frac{p}{P}$, aus dem $\frac{P}{p}$ (S. 36. Z. 2. v. o.) abgeleitet, nämlich $1 : \frac{P}{p} = 1. \frac{p}{P} = \frac{p}{P}$, giebt:

für gewöhnliche Erde mit etwas Kies gemischt	1,00
für schweren Sand, Tuf= und aus diesen gemischte Erde	0,77
für schweren Thon, fette Erde, und frisches Mauerwerk	0,71
laufenden Sand	0,67
altes Mauerwerk	1,63
Quadersteine, Felsen	0,75

Hier=

Hiernach erhält (T) folgende Werthe:

Beschaffenheit der Erdarten.	Explosions-halbmesser oder Werth von T.
Gewöhnliche Erde mit etwas Kies gemischt	14,14. $\frac{L}{R^2}$
Schwerer Sand, Tuf und aus diesen gemischte Erde	10,89. $\frac{L}{R^2}$
Schwerer Thon, fette Erde, und frisches Mauerwerk	10,04. $\frac{L}{R^2}$
Laufender Sand	9,47. $\frac{L}{R^2}$
Altes gutes Mauerwerk	8,91. $\frac{L}{R^2}$
Quadersteine, Felsen	8,06. $\frac{L}{R^2}$

Soll z. B. der Explosionshalbmesser (T) für die Ladung von 626,08 Pfd. Schießpulver, bei einem Trichterhalbmesser oder R = 25 Fuß, und bei ge-

wöhn-

wöhnlicher Erde mit etwas Kies gemischt, gefunden werden, so ist nach vorstehender Tafel:

$$T = 14{,}14.\ \frac{L}{R^2} = 14{,}14.\ \frac{626{,}08}{400} = 14{,}14.\ 1{,}5652$$

= 22,13 Fuß. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 11).

Dritte Aufgabe. Es soll der Trichterhalbmesser (R) gefunden werden, welchen eine gegebene Ladung (L), unter beständiger Explosionslinie (H), Zähigkeit und Elasticität, gewährt.

Hierzu dienen die Gleichungen

$$R^2 = T^2 - H^2 \text{ und } T = \frac{r^2\,t}{l}.\ \frac{p}{P}.\ \frac{L}{R^2},$$

aus welchen folgt, daß

$$R^2 = \left(\frac{r^2\ t}{b}\right)^2.\left(\frac{p}{P}\right)^2.\left(\frac{L}{R^2}\right)^2 - H^2,$$

und nach S. 10. d. Aphor. Darst. d. K. M, wodurch (x) und (a), statt hier durch (L) und (l), die Ladungen bezeichnet werden, ist:

$$R^2 = \left(\frac{10^2.\,14{,}14}{100}\right)^2.\left(\frac{p}{P}\right)^2.\left(\frac{L}{R^2}\right)^2 - H^2$$

oder $R^2 = (10.\ \sqrt{2})^2.\left(\frac{p}{P}\right)^2.\left(\frac{L}{R^2}\right)^2 - H^2$

$$R^2 = 200.\left(\frac{p}{P}\right)^2.\left(\frac{L}{R^2}\right)^2 - H^2$$

und

und $R^6 = 200. \left(\frac{p}{P}\right)^2 . L^2 - H^2 . R^4$

oder $R^6 + H^2 . R^4 - 200. \left(\frac{p}{P}\right)^2 . L^2 = 0.$

Setzt man $R^2 = u$, so ist:

$$u^3 + H^2 . u^2 - 200. \left(p \right)^2 . L^2 = 0.$$

Soll z. B. der Trichterhalbmesser (R) für die Ladung von 626,08 Pfd. Schießpulver, unter der beständigen Explosionslinie (H) von 10 Fuß u. s. w., bei gewöhnlicher mit Kies gemischter Erde gefunden werden, so ist:

$$u^3 + (10)^2 . u^2 - 200. (1)^2 . (626{,}08)^2 = 0$$

$$u^3 + 100\, u^2 - 200.\ 391976{,}17 = 0.$$

Angenommen daß 100 u^2 nicht vorhanden wäre, so ist

$$u^3 - 78395234 = 0 \text{ oder}$$

$u^3 = 78395234$ und $u = \sqrt[3]{(78395234)} = 427$, welches zu viel ist, daher setze man $u = 397$,

$$\text{wo } u^3 + 100\, u^2 = 78331613,$$

und nur etwas zu klein ist, also $R^2 = u = 397$ und $R - \sqrt{397} = 19{,}924$ oder 20 Fuß (Aphor. Darst. d. K. M. S. 11).

Durch

Durch die Gleichung

$$R^6 + H^2 . R^4 - 200 . \left(\frac{p}{P}\right)^2 . L^2$$

überzeugt man sich, daß bei einer beständigen Explosionslinie, die Trichter sich vergrößern oder verkleinern, wie die Ladungen zu oder abnehmen. So einfach und natürlich dieser Satz erscheint, so sind die Minirer dennoch lange Zeit darüber in großem Irthum gewesen. Sie glaubten, daß eine Ladung, welche fähig ist einen Trichter zu tagen, dessen Halbmesser der Explosionslinie gleich ist, unbegränzt vermehrt werden könnte, ohne auf die Maaße des Trichters weiter einzuwirken, die sie als ein Maximum betrachteten. Gleichsam als wenn eine Kraft sich verändern könnte, ohne eine Veränderung in ihrer Wirkung hervor zu bringen. Belidor benutzte sehr geschickt diesen Irthum, indem er die Mine No. 2., der oben S. 33 angeführten Tafel von fünf Minen-Versuchen, verstärkte, und erregte ein großes Erstaunen dadurch, daß eine ein und zwanzig mal stärkere Ladung, einen dreimal größern Trichter tagte, und Galerien in einer dreimal größern Entfernung zerstörte. Belidor gab dieser Miene den geheimnißvollen Namen Globe de compression, oder

Druck-

Druckkugel, und eilte, zur Bildung dieser vermeintlichen außerordentlichen Globen, Regeln zu geben, versprach sich auch von dieser Entdeckung bewundernswürdige Erfolge, welche sich jedoch nicht ganz verwirklicht haben. Ein Gelehrter wie Belidor hätte in diesem, außerdem sehr merkwürdigen Versuch, nur einen besondern Fall der allgemeinen Theorie, einen Satz erkennen sollen, der durch Zufall, aus einer unendlichen Reihe genommen worden. Man hat den imposanten Ausdruck: Globe de compression oder Druckkugel verworfen, und um die Ideen zu fixiren, ist man übereingekommen, diejenigen Minen, gewöhnlich geladene oder gewöhnliche Minen zu nennen, deren Ladungen keine größere Trichterhalbmesser als die Explosionslinien lang sind, tagen, und diejenigen Minen, stark geladene Minen zu nennen, deren weit stärkere Ladungen, bei weitem beträchtlichere Trichter gewähren. Hingegen diejenigen Minen schwach geladene Minen zu nennen, deren Ladungen kleinere Trichterhalbmesser als die Explosionslinien lang sind, tagen. Der Belagerte fürchtet sich, zu große Trichterdeckungen zu machen, weshalb er sich der gewöhnlich

gela=

geladenen d. i. der gewöhnlichen Minen bedient. Der Belagerer will in große Entfernungen vorreichen, umwerfen und zerstören, weshalb er sich der stark geladenen Minen bedient.

Es muß hier eines Irthums erwähnt werden, in welchem sich die Minirer befinden. Obgleich die Fundamental-Gleichung, auf die gegenwärtige Hypothese angewandt, bestimmt, daß die Ladungen, den Quadraten der Trichterhalbmesser mit dem Explosionshalbmesser multiplicirt, proportional sind, so nehmen die Minirer dennoch für diesen Fall an, daß die Ladungen bloß den Quadraten der Trichterhalbmesser proportional sind. Dies ist offenbar ein Fehler, von welchem man sich leicht, durch die bloße Untersuchung der oben angeführten Tafel der fünf Minen-Versuche S. 33, überzeugen wird. Sind die Explosionskörper einander ähnlich und ist zugleich $H = h$, dann ist nach der Formel (⊙) $L : l = R^2 : r^2$

Vierte Aufgabe. Es soll die Explosionslinie (H) einer Mine gefunden werden, deren Ladung (L), Trichterhalbmesser (R), die Zähigkeit und die Elasticität des Mediums bestimmt sind.

 Der

Der Werth von (H) wird aus der Fundamental=Gleichung abgeleitet, nämlich da $H^2 = T^2 - R^2$, so ist:

$$H^2 = \frac{L^2}{R^4} \cdot \left(\frac{p}{P}\right)^2 \cdot \left(\frac{r^2\, t}{l}\right)^2 - R^2, \text{ und}$$

$$\text{da } \left(\frac{r^2\, t}{l}\right)^2 = (10.\sqrt{2})^2 = 200, \text{ so ist}$$

$$\text{auch } H^2 = \frac{L^2}{R^4} \cdot \left(\frac{p}{P}\right)^2 \cdot 200 - R^2$$

$$\text{oder } = 200. \left(\frac{p}{P}\right)^2 \cdot \frac{L^2}{R^4} - R^2$$

$$\text{und } H = \sqrt{\left[200. \left(\frac{p}{P}\right)^2 \cdot \frac{L^2}{R^4} - R^2\right]}$$

Das Quadrat des Verhältnisses $\frac{p}{P}$ ist:

für gewöhnliche Erde mit etwas Kies gemischt 1,00
für schweren Sand, Tuf, und aus diesen gemischte Erde 1,5929
für schweren Thon, fette Erde und frisches Mauerwerk 1,5041
für laufenden Sand 0,4489
für altes gutes Mauerwerk 0,3969
für Quadersteine, Felsen 0,3249

und

und das Quadrat des Verhältnisses $\frac{p}{P}$ mit 200 multiplicirt, giebt:

für gewöhnliche Erde mit etwas Kies gemischt 200,00
für schweren Sand, Tuf, und aus diesen gemischte Erde 118,58
für schweren Thon, fette Erde und frisches Mauerwerk 100,82
für laufenden Sand 89,78
für altes gutes Mauerwerk 78,38
für Quadersteine, Felsen 64,89

Soll z. B. die Explosionslinie (H) für die Ladung von 626,08 Pfd. Schießpulver, bei einem Trichterhalbmesser oder (R) = 20 Fuß, und bei gewöhnlicher Erde mit etwas Kies gemischt, gefunden werden, so ist:

$$H^2 = 200.\frac{391976,1664}{160000} - 400 = 200.\ 2,449851 - 400 = 489,9702 - 400 = 89,0702,$$ und $H = \sqrt{(89,9702)} = 9,48$ Fuß. Man sehe die Aphor. Darst. d. K. M. S. 11.

Wenn die Explosionshalbmesser, die Zähigkeit und die Elasticität der Medien zweier Minen einander

ander gleich sind, so verhalten sich die Ladungen zu einander, wie die Quadrate der Trichterhalbmesser, d. i. $L : l = R^2 : r^2$. Außer der Fundamental-Gleichung, geht dies auch, wie bereits erwähnt, aus der Formel (⊙) hervor.

Wenn die Trichterhalbmesser, die Zähigkeit und die Elasticität der Medien einander gleich sind, so verhalten sich die Ladungen zu einander, wie die Explosionshalbmesser, d. i. $L : l = T : t$.

Wenn die Zähigkeiten und die Elasticität der Medien zweier Minen einander gleich sind, und der Trichterhalbmesser jeder Mine, der Explosionslinie gleich ist, so verhalten sich die Ladungen zu einander, wie die Würfel der Explosionslinien, oder wie die Würfel der Trichterhalbmesser, oder wie die Würfel der Explosionshalbmesser, d. i. $L : l = H^3 : h^3 = R^3 : r^3 = T^3 : t^3$.

Will man also eine Mine so laden, daß der Trichterhalbmesser der Explosionslinie gleich werde, so ist es hinlänglich den zehnten Theil des Würfels der Explosionslinie, in Fuß ausgedrückt, zu nehmen,

wo

wo das Resultat die gesuchte Ladung in Pfunden ergiebt. Ist nun $l = 100$ und $h = 10$; so ist

$$L : 100 = H^3 : 1000 \text{ und } L = \frac{H^3}{10}.$$

Eine leichte Methode, bequem zu behalten, den Minirern bekannt und bei ihnen im Gebrauch.

Es ist bekannt, daß für gewöhnliche Erde, wovon der Cubicfuß ungefähr 122,41 Pfd. wiegt, 105,54 bis 106,59 Pfd. Schießpulver, bei einer Explosionslinie von 10 Fuß, erforderlich sind, um einen Trichter zu tagen, dessen äußerer Durchmesser doppelt so groß als die Explosionslinie ist. Hier giebt die Formel $L = \frac{H^3}{10}$, für die Praktik, die Ladung bis auf einige Pfunde richtig an, wenn, wie im angeführten Boden, auf die Cubicklafter 12,54 Pfd. Sießpulver erforderlich sind. Will man vermittelst dieser Formel die Ladung berechnen, wenn das Medium, in welches die Mine niedergelegt werden soll, auf die Cubicklafter 13,19; 14,13; 15,08; 16,96 u. s. w. Pfund Schießpulver erfordert, so braucht man nur zu dem erhaltenen Werthe, noch $\frac{1}{12}$; $\frac{1}{8}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{3}$ desselben u. s. w. zu addiren, um die verlangte Ladung zu erhalten.

Nach

Nach der Aphor. Darst. d. K. M. S. 8 und 9 erfordert eine Mine, in Thon mit Tuf vermischt, niedergelegt, auf eine Cubicklafter 16,38 Pfd. Schießpulver, und bei einer Explosionslinie von 10 Fuß eine Ladung von 136,5 Pfd. Schießpulver. Nach obiger Angabe ist die berechnete Ladung $= 100 + \frac{100}{3} = 133\frac{1}{3} = 133{,}3 \ldots$ Pfd. Schießpulver. Oder $L = \frac{R^2\,T}{14} = \frac{10^2 . 14{,}14}{14} = \frac{1414}{14} = 101$ Pfd. und $101 + \frac{101}{3} = 101 + 33\frac{2}{3} = 134\frac{2}{3}$ oder 135 Pfd. Schießpulver.

Erfordert die Bodenart auf die Cubicklafter nur 10 Pfd. Schießpulver, so muß von der, nach angezeigter Art gefundenen Minenladung, $\frac{1}{9}$ derselben davon abgezogen werden.

Nach der Aphor. Darst. d. K. M. S. 8 und 9 erfordert eine Mine, in grober Erde, vermischt mit Sand und Kies, auf die Cubicklafter 10,68 Pfd. Schießpulver, und bei einer Explosionslinie von 10 Fuß, eine Ladung von 88,96 Pfd. Schießpulver. Nach angeführter Angabe ist die Ladung $= 100 - 11\frac{1}{9} = 88\frac{8}{9}$ Pfd. Schießpulver. Oder $101 - 11\frac{2}{9} = 89\frac{7}{9}$ Pfd. Schießpulver.

Es

Es ist noch zu bemerken, daß die Formel (⊙) wegen ihrer Einfachheit sehr bequem und für die Praktik, so oft als ähnliche Trichter getagt werden sollen, hinreichend ist. In allen andern Fällen weicht sie mehr oder minder von den Resultaten ab, welche die Praktik gewährt.

Wenn die Elasticität, die Zähigkeit und die Ladung zweier Minen einander gleich sind, so stehen die Explosionshalbmesser im umgekehrten Verhält-hältniß der Quadrate der Trichterhalbmesser. Es ist $\frac{L}{R^2\,T} = \frac{l}{r^2\,t}$, und da $L = l$, so ist $\frac{1}{R^2\,T} = \frac{1}{r^2\,t}$, und $R^2\,T = r^2\,t$, mithin $T : t = r^2 : R^2$. Auch ist $R : r = \sqrt{t} : \sqrt{T} = \frac{1}{\sqrt{T}} : \frac{1}{\sqrt{t}}$, d. h. die Trichterhalbmesser verhalten sich umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Explosionshalbmesser, oder directe, wie die Quotienten aus 1 durch die Quadratwurzeln der Explosionshalbmesser.

Wenn in diesem Fall die Explosionshalbmesser zu oder abnehmen, so findet dasselbe bei den Explosionslinien Statt, und es folgt hieraus, daß in dem Fall, wenn die Explosionslinien zu oder abnehmen,

die

die Halbmesser der Trichter ab oder zu nehmen. Indessen muß nicht geschlossen werden, wie groß auch die Explosionslinie sey, daß sich stets ein Trichter, wie klein er auch sey, bilden werde; denn bis über eine gewisse Gränze hinaus, wo nämlich die Zähigkeit, das Gewicht der Erde, und der Druck der Atmosphäre, zusammen genommen oder einzeln, der ausdehnenden Kraft des Schießpulvers gleich werden, oder solche übersteigen, ist es begreiflich, daß es keinen Trichter geben kann. Die durch die erwähnten Kräfte überwundene Explosion, findet nunmehr innerhalb Statt, und begränzt sich auf eine der Ladung verhältnißmäßige Zusammenpressung.

Wenn man, in Erwartung mehrerer und gewisserer Versuche, nach dem was bereits oben bemerkt worden, annimmt, daß in Medien von gleicher Elasticität und gleicher Zähigkeit, zur Zerstörung gleicher Objecte, die Halbmesser der Trennungs-Sphären, den Halbmessern der Explosion proportional, und außerdem noch die Trennungs-Sphären der Minen No. 4. und 5., der oben S. 33 angeführten Minentafel, bekannt sind, so ist es, nach dem was be-

bereits abgehandelt worden, leicht folgende vier sehr wichtige Aufgaben aufzulösen.

1ste. Es soll, aus der bekannten Ladung einer Mine, die Entfernung bestimmt werden, in welcher man von den eigenen Galerien, oder eigenen Futtermauern, u. s. w., abbleiben muß, um solche zu schonen.

2te. Die Ladung einer Mine soll so bestimmt werden, daß sie den größtmöglichsten Effect leistet, ohne jedoch die eigenen Galerien, die eigenen Futtermauern, u. s. w., die in einer bekannten Entfernung davon abliegen, zu beschädigen.

3te. Es soll, bei einer gegebenen Ladung, die Entfernung bestimmt werden, in welcher man, in einem und demselben Medium, die nämlichen Gegenstände zerstören kann.

4te. Es soll die Ladung einer Mine gefunden werden, die, stark genug ist, um aus einer gegebenen Position, die Galerien und Souterrains zu bersten, oder eine Futtermauer, einen Felsen, ein Gebäude u. s. w., von bestimmter Festigkeit, um zu werfen, und zwar in einem Medium von bekannter Beschaffenheit.

Die

Die Wirkung einer Mine auf irgend einem Punkt ihrer Wirkungssphäre, steht im geraden Verhältniß der Ladung, der Elasticität des Mediums, und im umgekehrten Verhältniß der Zähigkeit des Mediums, und des Würfels der Entfernung dieses Punktes vom Mittelpunkt des Pulvers.

Wird die Wirkung einer Mine auf irgend einem Punkt ihrer Wirkungssphäre mit C, die Entfernung dieses Punktes vom Mittelpunkt des Pulvers mit W, und die damit correspondirenden Gegenstände einer andern Mine, mit c und w bezeichnet, so ist

$$C : c = L. E. p. w^3 : l. e. P. W^3.$$

Diesen Satz auf die vier ersten Minen, der oben S. 33 angeführten Tafel von fünf Minen-Versuchen, angewendet, giebt minder genaue Zahlenwerthe als die vorhergehenden Sätze. Die Wirkungen dieser vier Minen auf jeden Punkt der Oberfläche ihrer Friabilitäts-Sphären müssen gleich seyn; dennoch wird man sie gegenseitig, durch die Zahlen 11; 13; 15; 14, dargestellt finden. Diese Ungleichheit muß wahrscheinlich einer mindern Genauigkeit, welche bei den Versuchen Statt gehabt hat, zugeschrieben werden.

Wenn

Wenn $E = e$ und $p = P$ (Aphor. Darst. d. K. M. S. 10); so ist $C : c = L\,w^3 : l\,W^3$, und nach angeführter Tafel ist, $C : c = 179{,}74.\,(21{,}22)^3 : 104{,}5.\,W^3$.

Wenn nun $C = c$

so ist $104{,}5.\,W^3 = 179{,}74.\,(21{,}22)^3$ oder $L\,w^3 = l\,W^3$

oder $W^3 = 1{,}72.\,(21{,}22)^3$

und $W = 21.22.\,\sqrt[3]{1{,}72}$

d. i. $W = 21{,}22.\,1{,}1 = 23{,}342$ (zu klein)

und $W = 21{,}22.\,1{,}2 = 25{,}464$ (zu groß).

Das arithmetische Mittel 24,4 ist nur um 0,29 zu groß, denn nach mehr erwähnter Tafel S. 33 sollten es 24,11 Fuß seyn, u. s. w. Da unter der Voraussetzung daß $C = c$, auch $L\,w^3 = l\,W^3$, so ist $L = \frac{l\,W^3}{w^3}$ und $W = w.\,\sqrt[3]{\left(\frac{L}{l}\right)}$. Man sehe die vier letzten Aufgaben S. 57.

Es ist

$$c : C = l\,W^3 : L\,w^3 = 104{,}5.\,(24{,}11)^3 : 179{,}74.\,(21{,}22)^3$$
$$= 11 : 12{,}89$$
$$= 11 : 13$$

und

$$c : G = l\,W^3 : L\,w^3 = 104{,}5.\,(30{,}74)^3 : 428{,}45.\,(21{,}22)^3$$
$$= 11 : 14{,}835$$
$$= 11 : 15.$$

End-

Endlich

$$c : C = l\,W^3 : L\,w^3 = 104{,}5.\,(64{,}38)^3 : 428{,}45.\,(21{,}22)^3$$
$$= 11 : 14{,}18$$
$$= 11 : 14.$$

Die Erfahrung hat es bestätiget, daß ein bereits durch eine Mine gesprengter Boden nur halb soviel Ladung bedarf, um, bei gleicher Explosionslinie, einen Trichter zu tagen, der dem ersten gleich ist (Aphor. Darst. d. K. M. S. 17). Hiernach, und je nachdem das zu sprengende Terrain bereits ein oder mehrere Male ist gesprengt worden, müssen alle oben angeführte Verbindungen geregelt und modificirt werden.

Man hat Ursache zu glauben, daß dieser merkwürdige Versuch, mit der gehörigen Sorgfalt angestellt worden ist, um als Gesetz gelten zu können. Er muß auf die Theorie der Minen einen großen Einfluß haben, und verdient daher mit aller möglichen Aufmerksamkeit wiederholt zu werden, indem man mit den Bodenarten, mit den Graden der Kraft, und der Anzahl der Explosionen, in demselben Terrain, Abänderungen vornimmt.

Von

Von der Ladung der Krieges-Minen.

Die Explosion einer Mine wirkt außer und innerhalb des Mediums. Die äußere Wirknng tagt den Minentrichter oder den sichtbaren Effect des Minenofens; die innere Wirkung verursacht eine Trennung des zunächst um den Minenofen oder Pulverraum befindlichen Mediums, pflanzt sich in der Friabilität oder Zerreiblichkeit des Mediums fort, und endet mit einer zitternden Bewegung. Diese Wirkungen nehmen mit der Vermehrung der Ladung zu, allein diese Zunahme der Wirkungen steht nicht im Verhältniß mit der Vermehrung der Ladung, d. h. die sechsfache Ladung einer Mine, bei gleicher Explosionslinie, gewährt zwar eine größere Wirkung, allein sie ist nicht das sechsfache der Wirkung der ersten Mine.

Aus den Wirkungen der Minen in Hinsicht auf ihre Ladungen, folgt, daß die für den Angriff bestimmten, nicht eben so, wie die für die Vertheidigung dienenden, geladen werden können. Der Belagerer ladet seine Minen stark, um größere Trichter zur Deckung zu erhalten, und größere unter-

irdi-

irdische Trennungen zu verursachen, welche die Galerien des Belagerten, die in dieser Trennungssphäre liegen, zerstören. Der Belagerer nimmt aus entgegen gesetzten Gründen schwache Ladungen, nämlich, um seine Galerien gegen Zerstörungen zu sichern, und dem Belagerer kein Deckungsmittel zu gewähren. In Folge dieses, ist die Ladung der Vertheidigungs-Minen so zu regeln, daß ihre Explosion nur die Werke des Belagerers umwirft, ohne den Galerien, welche den gedachten Minen zunächst liegen, schädlich zu werden.

Aus den über diesen Gegenstand angestellten Versuchen hat sich ergeben, daß eine Mine, welche 10 bis 15 Fuß zur Explosionslinie hat, und so geladen wird, daß sie einen doppelt so großen Trichter-Durchmesser tagt, als die Länge der Explosionslinie ausmacht, hinlänglich stark geladen ist, um eine solche äußere Fläche zu ergeben, in welcher die gewöhnlichen Arbeiten des Belagerer umgeworfen werden, ohne ihm zu viel Deckung zu bieten; und daß unter diesen Umständen, die Galerien bis auf die doppelte Explosionslinie, den Minen genähert werden können, ohne durch Trennungen zu leiden.

Dies

Dies ist für die Vertheidigungs-Minen wichtig, und dabei zu bemerken:

1. Daß, da die also geregelte Ladung eine mehr als hinlängliche Kraft hat, um die verlangte Wirkung zu tagen, so kann gefolgert werden, daß wenn die Ladung vermindert wird, solches auch bei der Trennung Statt findet, und es können die Galerien den Minen mehr genähert werden, wo dann freilich ein kleinerer Trichterdurchmesser, der also auch weniger Erdreich umfaßt, hervorgehen wird; dagegen mit der vermehrten Ladung, ein größerer Trichterdurchmesser, aber auch zugleich eine stärkere Trennung entsteht; weswegen die Galerien mehr von den Minen entfernt werden müssen.

2. Daß das Angeführte nur bei solchen Minen Anwendung finden kann, deren Explosionslinie zwischen 10 bis 15 Fuß lang ist, weil, wenn diese Linien ansehnlich länger werden, auch die Ladungen, da sie dem Verhältniß ihrer Würfel entsprechen müssen, sehr beträchtlich zu nehmen; woraus folgt, daß die hervorgehenden Trichter, indem sie einen doppelt so großen Durchmesser tagen als die Explosionslinien lang sind; auch zu tiefe und zu weite Deckungen

dem

dem Belagerer geben; mithin muß in diesem Fall die Ladung, in Hinsicht auf den geringsten nöthigen Durchmesser, vermindert werden, wodurch auch die Bedeckung sich vermindert, und zwar um so mehr, da der Erdboden mit geringerer Heftigkeit herausgeworfen wird, und größtentheils in den Trichter wieder hinein fällt.

3. Daß eine Ladung welche bestimmt ist, einen doppelt so großen Durchmesser zu tagen als die Explosionslinie ausmacht, auch fähig ist, in der Entfernung der doppelten Explosionslinie von den Minen ab, alle dazwischen liegende Galerien zu zerstören; werden aber die Minen sehr stark geladen, so muß mit der Ursache auch die Trennung zu nehmen und die Galerien in einer größern Entfernung zerstört werden, als die doppelte Explosionslinie beträgt. Die also geladenen Minen heißen, wie schon erwähnt, stark geladene Minen; denn sie globes de compression, d. i. Druckkugeln zu nennen, wäre unpassend, da jede Mine eine Druckkugel bildet.

Die Minen lassen sich, in Rücksicht auf ihre Ladung, in gewöhnlich geladene, daß sind Trichterminen, bei denen der Halbmesser des Trichters der

Explo-

Explosionslinie gleich ist; in stark geladene Minen, d. i. solche Trichterminen, deren Halbmesser größer als die Explosionslinie ist, und in schwach geladene Minen, d. i. solche Trichterminen, deren Halbmesser kleiner als die Explosionslinie ist, eintheilen. Bei letztern ist noch zu bemerken, daß je kleiner der Halbmesser in Vergleich der Explosionslinie ist, je mehr wird ihr Trichter, theils durch den ihm umgebenden friabeln oder gequetschten Erdboden, der hier steiler als gewöhnlich ist, andern Theils aber durch die mehr darin zurück fallende Minengarbe, die hier gerader in die Höhe geworfen wird, angefüllt werden, daher bei ihnen oft, statt eines Trichters, eine Erhöhung entsteht. Gewöhnlich werden die schwach geladenen Minen dann angelegt, wenn nur allein eine unterirdische Wirkung, oder eine unterirdische, verbunden mit einer wenig bedeutenden oberirdischen, erforderlich ist. Erstere sind die Quetschminen oder Quetscher, für welche die Ladung auf $\frac{2}{3}$, für letzte aber auf $\frac{3}{4}$ ihrer Explosionslinie, und zwar wie für gewöhnlich geladene Minen, berechnet wird. Z. B. wenn die Explosionslinie 8 Fuß beträgt, so wird die Ladung, für erste $5\frac{1}{3}$ Fuß und für letzte

auf 6 Fuß berechnet, und beträgt im ersten Fall 15,2 Pfd., im zweiten Fall 21,6 Pfd.

Der reelle Effect eines Minenofens oder einer Minenladung ist die Summe der partiellen Effecte die er tagt; eine Größe, welche aus der vernichteten Zähigkeit des fortgestoßenen Explosionskörpers und der ihm mitgetheilten Geschwindigkeit zusammen gesetzt ist.

Von der Form der Minenöfen oder des Pulverraums und von dem Einfluß derselben auf die Bildung der Trichter.

Bei der Theorie ward vorausgesetzt, daß der Minenofen oder Pulverraum sphärisch sey. Für die Praktik ist er aber gewöhnlich cubisch geformt. Die Explosion dieser Ofen oder Ladungen giebt nicht minder weite Trichter als die der ersten Art, mit ebenfalls fast kreisförmiger äußerer Basis. Diese Wirkung hat bis jetzt die meisten Minirer überrascht, ohne daß die wahre Ursache dieser Erscheinung erkannt wurde. Folgende Erklärung darüber ist einfach und wahrscheinlich auch befriedigend.

Im Allgemeinen sind die Medien, worin Minenladungen spielen, compressibel und elastisch. Vom

ersten Augenblick der Verbrennung an, welche übrigens successive vor sich geht, wird der Würfel in etwas facettirt, d. h. die Form des Ofens oder Pulverraums wird eckiger. Jeder neue Grad von Compression tagt auch mehrere Ecken, und so nehmen nach und nach die Seiten des Würfels zu, bis sie, als Theile der biegsamen Umhüllung eines, als compressibel und elastisch angenommenen Mediums, die runde Gestalt annehmen, und der Ofen oder Pulverraum, der in seinem primitiven Zustande würfelförmig war, geht auf diese Art durch die Explosion, in eine irregulaire sphäroidische Form über.

Aus Versuchen ist bekannt, daß, wenn eine Minenladung in einem etwas haltbaren Boden spielt, drei bestimmte Momente der wirkenden Kraft wahrgenommen werden, und zwar zuerst: eine dumpfe Detonation, worauf sich der Erdboden um den Punkt erhebt, welcher lothrecht über dem Mittelpunkt des Ofens oder des Schießpulvers liegt. Indem sich die Erhebung nach und nach vergrößert, bildet sie eine sphärische Calotte, die sich nach Verhältniß der Ladung ausdehnt, und fast die äußere

Basis des Trichters einnimmt. Mit der vergrößerten Ausdehnung, entstehn in der Calotte Risse, durch welche Rauch und sodann Flamme dringt, als zweites Moment. Hierauf folgt, als drittes Moment, eine starke Comotion in der Umgegend des Ofens, und das Ausstoßen des Erdbodens in Gestalt einer brennenden Garbe. Da sich stets vor der Explosion des Ofens oder der Ladung, eine sphärische Calotte bildet, und die Trennung erst hierauf erfolgt; so ist es einleuchtend, daß das Medium, welches dem Versuche unterliegt, sich bieget oder, die Umhüllung des Minenofens aus der eckigen Form, in eine sphäroidische übergeht.

Der äußere Kreis des entstehenden Trichters ist eigentlich kein vollkommner, indem einige Theile desselben abweichende Krümmungen bilden, die sich aber mit den correspondirenden Bögen physisch zu vereinigen scheinen, weil die Ränder der Excavation oder des Trichters niemals rein abgeschnitten sind, auch nach der Explosion stets einige kleine Abrollungen Statt finden, wodurch die wahre Gestalt des Trichters modificirt wird. Da in der Natur, wenigstens unter den festen Körpern, keiner incom-

presſi-

pressibel ist, so folgt: daß der sichtbare Effect eines cubischen Ofens, stets ein mehr oder minder großer Trichter seyn wird, dessen Gestalt auf der Oberfläche des Mediums fast kreisförmig ist.

Für die Minen-Oefen, hier als Pulverkasten betrachtet, hat man übrigens, außer der cubischen, noch andere Formen vorgeschlagen, theils, um die Verbrennung des Pulvers zu beschleunigen, theils, um die Wirkung des sich entwickelnden Fluidums zu erhöhen. Einige wollen den Ofen oder Kasten cylindrisch gestalten; Belidor empfiehlt plattere Pulverkasten als die cubischen sind; Andere ziehen die parallelipipedische Gestalt vor. Wahrscheinlich werden die cylindrischen Oefen nichts an den Dimensionen des Trichters ändern welche ein cubischer Ofen von gleichem Inhalte hervorbringt. Was die platten Koffers oder Kasten mit quadratischer Basis und geringerer Höhe anbetrifft, so scheinen sie vortheilhafter zu seyn; denn im ersten Augenblick der Explosion werden sie mit den cubischen, eine ellipsoidische Gestalt, von gleichem Inhalte haben; da aber der erste Körper mehr Fläche hat als der eben so geräumige Cubus; so findet das elastische Fluidum,

dum, auch mehr Gelegenheit, seine Kräfte auszubreiten und ausgedehnter zu wirken, hieraus scheint zu folgen: daß diese Oefen oder Kasten, in gewisse Medien niedergelegt, einen größern Explosionskörper fortstoßen müssen. Im Uebrigen bleibt es der Erfahrung vorbehalten, über diese Gegenstände abzusprechen, die von zu vielen physischen Umständen abhängig sind, als daß die Theorie sie mit Gewißheit bestimmen könnte.

Vom Einfluß der Luft auf der Wirkung der Krieges-Minen.

Die atmosphärische Luft hat durch ihr Gewicht und durch ihre Elasticität, einen starken Einfluß auf die verschiedenen Erscheinungen, welche die Wirkung des entzündeten Schießpulvers gewährt. Es ist bereits eine sehr bemerkenswerthe Wirkung des Drucks der Atmosphäre angeführt worden, nämlich die, daß dadurch der Trichter der Mine beträchtlich beschränkt wird. Eine andere nicht minder wichtige Wirkung ist die außerordentliche Kraft, welche das in freier Luft entzündete Schießpulver,

gegen

gegen die Körper ausübt, mit welchen sie in Berührung kommt, oder denen sie sehr nahe ist. Im Kriege sind hölzerne und steinerne Brücken gesprengt worden, indem darauf oder besser dicht darunter, ein Faß mit ungefähr 200 bis 209 Pfd. Schießpulver, angebracht und entzündet wurde. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 40). Eines Theils ist zwar diese Wirkung der außerordentlichen Geschwindigkeit, mit welcher sich das Schießpulver nach seiner Entzündung ausdehnt, zu zuschreiben, andern Theils aber, und vielleicht größten Theils, auch dem Druck der umgebenden atmosphärischen Luft, welcher, wie schon gesagt, dem Druck einer Säule aus lockerer Erde von 22 Fuß oder aus compacter Erde von 11 Fuß Höhe gleich ist; ein Druck, dessen Federkraft sich ausbreitet, und die Wirkung zu einer Rückwirkung gegen die, in der Nähe befindlichen Gegenstände, zwingt. Weiterhin wird gezeigt werden, daß dieselbe Ursach häufig bei den Resultaten der Versuche zu Metz, über die Verminderung und Unterlassung der Verdämmung der Krieges-Minen, zu bemerken vorkam.

Wäre die Luft nicht elastisch, so würde die Wirkung des in diesem Fluido entzündeten Schießpulvers, sich nicht weit vom Heerde ausdehnen; allein so ist es nicht. Die große Elasticität der Luft überträgt, in Kraftfülle, auf beträchtliche Entfernungen, die Bewegung und die Kraft der Percussion, d. i die Druck- oder Stoßkraft des Pulvers. Die durch das Auffliegen von Pulvermagazinen und von Artillerie-Munitionswagen, verursachten Beschädigungen, beweisen hinlänglich die Wahrheit des Gesagten. Hiernach können also Gebäude, Mauern u. s. w., durch bloß auf der Erde in gewissen Entfernungen von einander, aufgestellte Pulvermassen, zerstört werden (Aphor. Darst. d. K. M. S. 18 u. 38).

Die Erfahrung hat es bestätiget, daß die Elasticität der Luft die Pulverkraft vermehren kann. Giebt man daher der Minenladung einen größern Raum als sie erheischt, so wird die Luft, welche in dem größern Raum oder der Leere enthalten ist, durch die Hitze des entzündeten Schießpulvers aufs heftigste ausgedehnt; sie vereinigt ihre Federkraft mit der des Schießpulvers, wodurch denn die Wirkung der Mine merklich vergrößert wird. Aus eben

dem

dem Grunde zerspringen die Gewehre wenn zwischen dem Pulver und der festsitzenden Kugel ein leerer Raum vorhanden ist.

Euler, Rumford und mehrere andere Physiker, haben das Zerspringen der Gewehre, in dem Fall, wenn man einen leeren Raum zwischen dem Pulver und der Kugel läßt, dem zugeschrieben, daß die Pulverbrennung nicht augenblicklich ist. Rumford meint, daß die erprobte Langsamkeit der Pulververbrennung, in Vergleichung der angenommenen augenblicklichen, hinlänglich erklärt, warum die Ladung ein Gewehr nicht sprengt, wenn die Kugel auf solcher dicht aufliegt, dagegen es bei derselben Ladung oft springt, wenn zwischen ihr und der Kugel ein leerer Raum ist. Im ersten Fall werden, da die Pulververbrennung progressiv ist, die zuerst entbundenen Theile des elastischen Fluidums, die Kugel in Bewegung bringen und nach und nach den Raum vergrößern, in welchem es nach Maßgabe wie die Verbrennung Statt hat, sich ausdehnt, so daß dessen Dichtigkeit niemals einen hohen Grad erreicht, dagegen in dem andern Fall, wo ein Raum zwischen der Kugel und der Ladung vorhanden ist,

die

die letztere Zeit hat gänzlich zu verbrennen und ihr ganzes Fluidum, ehe die Trägheit der Kugel überwunden und solche in Bewegung gesetzt ist, darauf zu wenden. Hiernach weicht also die Kugel nicht im Verhältniß des kräftigen Stoßes den sie bekommt; woraus denn folgt, daß das Fluidum eine ungestüme nnd starke Reaction auf die Wände des Gewehrs äußert, und die Ursache zum Sprengen desselben ist.

Diese Erklärung ist hinlänglich und beweiset, daß nicht die Federkraft der durch die Hitze ausgedehnten und den Raum ausfüllenden Luft allein, wie oben S. 72 bemerkt worden, das Gewehr sprengt, wenn es angeführten Versuchen unterworfen wird; denn einige Pulverkörner zur gewöhnlichen Ladung hinzugefügt, werden es nicht sprengen, und dennoch enthalten sie eben so viel und noch mehr verdichtetes Gas, als in der Luft enthalten ist, welche im Raume zwischen der Ladung und der Kugel sich befindet. Dieses Gas enthält bei einem kleineren Raum eine beträchtlichere Quantität Wärmestoff als die Luft in ihrem natürlichen Zustande. Wenn also die in Rede stehende Erscheinung nur allein von

der

der Federkraft, der durch die Hitze ausgedehnten Luft, herrührte, so würde die geringste Vermehrung der Ladung die Sprengung des Gewehrs herbei führen müssen; welches aber nicht der Fall ist.

Diese merkwürdige Wahrheit, die von einigen Kunstverständigen geahndet worden, ist völlig durch die zu Maynz im Anfange des Jahres Acht (den 23. Septbr. 1799) angestellte Versuche, die in den Memoiren des National-Instituts vom Jahre Neun (den 23. Septbr. 1800) enthalten sind, bestätiget worden. Hierbei hat man sich der Mine No. 1., der oben S. 33 angeführten Tafel von fünf Minen-Versuchen, bedient. Die progressive Vermehrung des Raumes der Minenkammer, wobei die Ladung und Explosionslinie stets dieselben waren, vermehrte die Wirkung, die anfangs progressiv, hierauf rückgängig und die vielleicht zuletzt Null, ja selbst negativ geworden wäre. Das Maximum der Wirkung fand bei einem Kammerraume von 29,943 Cubicfuß Statt, von welchem das Schießpulver ungefähr 1,6635 Cubicfuß einnahm. Woraus folgt, daß der Kammerraum beinahe 18mal größer als der Pulver- oder Ladungsraum war, mithin verhält sich ersterer zu

letz-

letztern, beinahe wie 18 : 1. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 31). Der Trichter war derselbe, als wenn die Ladung 204,88 Pfd., oder derselbe, als wenn die Explosionslinie 13,455 Fuß und die Ladung 228,85 Pfd. bei voller Kammer, betragen hätte. Betrug der Kammerraum 1,1182 Cubicklafter (ungefähr 1⅛ Cubicklafter), bei gleicher Ladung von 104,5 Pfd., so ergab sich eine noch etwas größere Wirkung als die bei der Mine No. 1. der oben S. 33 angeführten Tafel; allein von hier ab schien die Vermehrung der Wirkung, ihr Ende erreicht zu haben. Eine noch größere Anzahl von Versuchen müßte angestellt werden, um eine positive Regel für diese merkwürdige Entdeckung zu erhalten, die in der Folge nothwendig einen großen Einfluß auf die Berechnung der Ladung der Krieges=Minen haben muß.

Minen=Versuche zur Bestimmung des Kammerraumes, für die größtmögliche Wirkung einer Ladung.

Seit längerer Zeit vermuthete der General Marescot, daß es wohl möglich seyn könnte, die

Wir=

Wirkung der Minen zu vermehren, wenn statt die Minenkammern nach geschehener Ladung zu verdämmen, ein gewisser leerer Raum um letztere gelassen würde. Es schien ihm, daß die in diesem Raume eingeschlossene Luft, durch die Hitze des entzündeten Schießpulvers stark ausgedehnt, ihre elastische Kraft mit der der Gasarten, welche sich durch die Entzündung entwickeln, vereinigen müßte. Man sehe hierüber was so eben S. 74 gesagt worden, und aus der Rumfordschen Erklärung fließt.

Belidor hat einen merkwürdigen Versuch gemacht, auf welchen sich diese Muthmaßung stützt. Er hat nämlich wohl verschlossene lange Minengalerien dadurch in Trancheen verwandelt, daß er Fässer mit Schießpulver gefüllt, in gewisse Entfernungen von einander, darin aufstellte, und solche, durch eine gehörige Einrichtung des Leitfeuers, gleichzeitig zündete. Lefebre, vom Preussischen Ingenieurkorps, läßt, in seiner Abhandlung von den Minen, diese Wahrheit ahnden. Es ist übrigens schon gesagt und allgemein bekannt, daß eine Kanone oder ein Gewehr gesprengt werden kann, wenn zwischen der Ladung und der festsitzenden Kugel ein leerer Raum verbleibt.

Eine

Eine größere Wirkung kann nur aus einer größern Gewalt entstehn.

Im Jahre Acht (1799) ließ der General Marescot zu Maynz die Minen-Versuche die hier folgen, anstellen und zwar durch den geschickten Minir-Offizier Breuille. Beim Minensprengen waren die vornehmsten Offiziere der Maynzer-Garnison gegenwärtig. Ob nun gleich der General Marescot nicht so bestimmte Resultate erhalten hat, als er erwartete, so wurde dennoch seine Muthmaßung bestätiget, und daher ist es gewiß, daß die, um die Minenladungen gelassenen Räume, die Wirkung des Schießpulvers vermehren, welche Vermehrung jedoch, wie zu vermuthen steht, ihr Maximum hat. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 31). Diese für bie Physik im Allgemeinen merkwürdige Wahrheit, kann, besonders beim unterirdischen Kriege, nützlich angewendet werden, weil dadurch eine größere Wirkung bei einerlei Quantität Schießpulver, oder dieselbe Wirkung bei einer geringeren Quantität Schießpulver, erhalten werden kann.

Ver=

Versuch vom 30ten Brimaire (Novbr.).

(Fig. 2.) In einem fast gleichartigen Boden wurden vier Schächte A, B, C, D deren jeder 10,35 Fuß Tiefe hatte, abgeteuft. Von jedem ging ein horizontaler Rameau 15,52 Fuß lang aus, und jeder dieser Rameaux hatte einen Schlag oder Kammerhals, 6,21 Fuß lang, der bis zur cubischen Pulverkammer ging, die außerhalb demselben lag, und folgende Maße zur Seitenlänge hatte:

A	. . . .	1,29 Fuß
B	. . . .	2,07 =
C	. . . .	2,59 =
D	. . . .	3,10 =

Die Kammern bestanden aus zusammengefügten Brettern, deren Decken oder Firste 7,76 Zoll über der Sohle der Rameaux erhöhet waren. Die Ladung jeder Mine betrug 104,5 Pfd. Schießpulver, und war in einem Kasten, der sie vollkommen einschloß, niedergelegt. Dieser Kasten war von der Kammerdecke so entfernt, daß eine Explosionslinie von 10,35 Fuß vom Mittelpunkt des Pulvers an, vorhanden war. Der Pulverkasten der Mine A war

auch

auch zugleich ihre Kammer. Die Rameaux, die Schläge oder Minenhälse wurden fest verdämmt. Die Zündwürste, in Leitrinnen liegend, gingen vom oberen Theil der Schächte bis zum Mittelpunkt des Pulvers.

Wirkung.

Die Mine A war wie gewöhnlich ganz verdämmt und so eingerichtet, um einen Trichter zu tagen, dessen Durchmesser doppelt so groß als die Explosionslinie ist, und sollte zur Vergleichung mit den andern Minen dienen. Diese Mine bildete eine schöne Garbe, ungefähr 31 Fuß hoch. Der Trichter war in der Mitte 4,14 Fuß tief; sein mittler Durchmesser hatte 24,23 Fuß, d. h. er war etwas größer als zu erwarten stand. Die Höhlung des Trichters zeigte, daß der ziemlich gleichartige Boden, eine Mischung von Thon und Kies, mit einer Lage weicher Erde, von ungefähr 1,72 Fuß hoch, bedeckt war. Das Erdreich war bis zu einer Tiefe von 12,85 Fuß aufgelockert.

Die Mine B warf ihre Garbe weit höher als die erste Mine A. Ihr Trichter war besser ausgehöhlt,

höhlt, und hatte einen um 1,035 Fuß kleinern Durchmesser. Der Boden, zwar von gleicher Art, war etwas tiefer ausgehoben, und hatte eine etwas stärkere Erschütterung erlitten.

Die Mine C warf ihre Garbe etwas höher als die beiden vorhergehenden Minen A und B. Der Trichter war minder ausgehöhlt, hatte aber 26,22 Fuß zum mittlern Durchmesser. Der Boden war 13,8 Fuß tief gebrochen, und die Erschütterung wurde stärker als zuvor empfunden. Die geringere Höhe welche die Garbe erreichte und die mindere Aushöhlung des Trichters, sind wahrscheinlich den starken Mergelmassen, welche sich im Erdreich befanden und nicht gebrochen werden konnten, zu zuschreiben.

Die Mine D warf ihre Garbe weit höher als alle vorhergehende Minen. Der Trichter war, wie der der Mine A ausgehöhlt, hatte auch wie dieser 4,14 Fuß Tiefe; allein sein mittler Durchmesser betrug 27,43 Fuß. Der Erdboden war mit dem der beiden ersten Minen A und B von gleicher Art, in einer Tiefe von 13,97 Fuß gebrochen, wo zugleich die Erschütterung stärker als bei den drei ersten

 Minen

Minen A, B u. C war. Es hat also diese Mine von 10,35 Fuß Explosionslinie, mit 104,5 Pfd. Pulver geladen, welche in einem Würfel, dessen Seite 3,1 Fuß, niedergelegt waren, dieselbe Wirkung, wie eine Mine, deren Explosionslinie 13,45 Fuß, mit 217,36 Pfd. Pulver geladen, aber gänzlich verdämmt ist, getagt.

Durch diese vier Versuche ist es bestätiget, daß die um die Minenladungen gelassenen Räume, die Wirkung der Minen vermehren, und eine größere Höhe für die Garbe; einen größern Durchmesser für den Trichter; eine größere Brechung des Erdbodens, und eine stärkere Erschütterung, veranlassen.

Die Erklärung von Rumford über das Zerspringen der Gewehre, in dem Fall, wenn man einen leeren Raum zwischen dem Pulver und der Kugel läßt, nebst Schlußfolge, läßt sich auch auf die Mine D anwenden. Es enthalten 12,54 Pfd. Schießpulver, beim gewöhnlichen Druck der Atmosphäre und bei Null-Grad des Reaumürschen Thermometers, mindestens 29,943 Cubicfuß permanentes Gas. Es müssen also 117,04 Pfd. Schießpulver, welche in eine Kammer die sie völlig anfüllen, niedergelegt

legt sind, an und für sich mehr Effect tagen als 104,5 Pfd. Schießpulver die in einer Kammer niedergelegt sind, deren Raum 29,943 Cubicfuß beträgt. Dies ist aber nicht der Fall, und es läßt sich diese offenbare Abweichung von der Regel, bei den Wirkungen eines elastischen Fluidums, leicht erklären, wenn man die vorzüglichsten Versuche über die Verbrennung des Schießpulvers in Betracht zieht. D'Antonj (*) hat in dieser Absicht unter dem Recipienten einer hierzu besonders angefertigten pneumatischen Maschine $\frac{1}{307}$ Pfd. oder 0,003 Pfd. Schießpulver verbrannt und folgende Resultate erhalten:

1. So lange der Recipient mit Luft angefüllt war, verbrannten alle Pulverkörner.

2. So-

(*) Esame della Polvere, da P. D'Antonj. Direttore delle Regie Scuole Teoriche d'Artiglieria, e Fortificatione. Torino. 1765. — Examen de la Poudre, ouvrage traduit de l'Italien par le Comte de Flavigny. — Physicalisch-Mathematische-Grundsätze der Artillerie u. s. w. Aus dem Italienschen des P. D'Antonj, Director der Theoretischen-Schulen der Artillerie und Fortification. Mit Anmerkungen vom General von Tempelhoff. Berlin 1768.

2. Sobald die Luft zur Hälfte verdünnt war, fand man auf der Platine oder Scheibe, nach der Verbrennung, den dritten Theil oder ungefähr die Hälfte der Pulverkörner unverbrannt.

3. Endlich, wenn man die Luft unter dem Recipienten gänzlich verdünnte, so blieben $\frac{4}{5}$ oder $\frac{5}{6}$ der Pulverkörner auf der Platine unverbrannt liegen.

Diese Thatsachen beweisen, daß zur gänzlichen Verbrennung des Schießpulvers, durchaus eine gewisse Quantität natürlicher Luft erforderlich ist, und man kann sich um so sichrer auf diese Versuche verlassen, weil Antoni seinem Apparate eine solche Einrichtung gegeben hat, daß die nicht verbrannten Pulverkörner, queer durch die Flamme der brennenden geworfen wurden.

Anderer Seits besteht die Ausdehnungskraft des elastischen Fluidums aus zwei Elementen, nämlich, aus der Federkraft und der erlangten Geschwindigkeit. Deutlicher gesagt: 248$\frac{1}{2}$ oder 248,416 Cubicfuß permanente Gasarten, nach dem Verhältniß wie sie sich im Schießpulver befinden, einzeln zusammen gemischt und dahin reducirt, daß sie nur einen Cubicfuß einnehmen, sind, wenn sie stufenweise,

weise, bis zu dem Grade der Temperatur eines gleichen Volumens Schießpulver, das augenblicklich verbrennt, erhitzt werden, dennoch nicht fähig, dieselbe Wirkung, wie das Schießpulver selbst, zu leisten. Im ersten Fall nimmt die Ausdehnungskraft mit der Hitze zu, die dem ruhigen Fluido mitgetheilt wird; im zweiten Fall geht gegentheils das Gas heftig aus dem concreten in den luftartigen Zustand über, und in dem Augenblick, wo es seine Ausdehnungskraft gegen die Wände entwickelt, die ihr Widerstand leisten, hat es schon eine Geschwindigkeit erlangt.

Wenn man gleich hiernach die Wirkungen der zuvor angeführten Minen nicht strenge berechnen kann, so kann man doch wenigstens die dabei obwaltenden Erscheinungen auf eine genügende Art erklären.

Nicht alles Schießpulver, welches einen Ofen genau anfüllt, verbrennt im Ofen. Ein Theil desselben, der in den Spalten oder Rissen geworfen wird, verbrennt daselbst, und ein anderer Theil dehnt sein Gas erst außerhalb des Trichters aus. Läßt man also um den Ofen oder die Ladung, einen

mit

mit Luft angefüllten Raum, so erhält das Schießpulver dadurch die nöthige Zeit zum verbrennen, zugleich aber auch eine gewisse Menge Sauerstoff, die zur Unterhaltung der Verbrennung nöthig ist. Hierdurch entsteht eine beträchtlichere Quantität entwickeltes Gas, selbst im Innern des Ofens, so, daß dessen Wände einen heftigern Stoß erleiden, da die Ausdehnungskraft des elastischen Fluidums noch insbesondere durch eine erhaltene Geschwindigkeit, bei der Ergießung in den leeren Raum vermehrt wird, welches bei einem ganz vollen Ofen niemals in solchem Grade der Fall seyn kann, da die Erde, nach Maßgabe wie sich das Fluidum ausdehnt, einen großen Theil der Geschwindigkeit absorbirt oder verschluckt. Diese verschiedenen Umstände geben dem Fluido einen Theil der Kraft wieder, die es während seiner Ausdehnung in einen größern Raum verloren hat. Es ist begreiflich, daß diese Umstände unter sich so combinirt werden können, daß die Kraftfülle des Schießpulvers, folglich auch dessen Wirkungen, dadurch vermehrt werden Dies erläutert folgendes Beispiel.

Der Ofen D hat die Erde höher als der Ofen A ausgeworfen. Sein Trichter war größer als der des letzten. Dies ist nicht zu verwundern, denn das Medium war compressibel. Die Ladung A, wenn sie im ersten Augenblick der Explosion ganz verbrannt war, nahm ungefähr einen Raum von 27,725 bis 28,834 Cubicfuß ein, und die Geschwindigkeit ihres elastischen Fluidums wurde successive, durch die umgebenden Gegenstände, nach Maßgabe wie sich die Verbrennung entwickelte, vernichtet. Die Ladung von D hat gegentheils, vermöge der in dem Ofen verschlossenen Luft, geschwinder gebrannt und gegen die Wände mit einer erhaltenen Geschwindigkeit gestoßen, welche bis dahin durch nichts vermindert werden konnte. Endlich, da die Verbrennung vollendet war, nahm das entwickelte elastische Fluidum einen beträchtlichern Raum ein, als das in dem Ofen A entwickelte Fluidum einnehmen konnte. Alles begünstigte also die Wirkung des Ofens oder der Ladung D.

Da es äußerst merkwürdig ist zu wissen, bis zu welchem Punkte die Vermehrung der um die Minenladungen gelassenen Räume statt hat, so wurden noch folgende zwei Versuche veranstaltet.

Ver-

Versuch vom 20ten Frimaire (Decbr.)

Fig. 2. Zwei Schächte E und F wurden eben so tief abgetäuft, auch eben so mit Rameaux, und Schlägen oder Kammerhälsen wie die vorhergehenden Schächte versehn. Ferner wurden cubische Räume zu 6,21 Fuß Seitenlänge, angeordnet, um eine Ladung von 104,5 Pfd. Pulver, wie bei den vorhergehenden Minen, darin niederzulegen. Die Verdämmung wurde eben so sorgfältig, wie bei den ersten Versuchen, ausgeführt. Der Erdboden war wie der vorhergehende beschaffen.

Bei der Mine E wurde der Pulverkasten im obern Theil des cubischen Raumes so angebracht, daß der Mittelpunkt des Pulvers, 10,35 Fuß von der Oberfläche der Erdstrecke oder der Explosionsfläche entfernt war. Die Garbe wurde ungefähr 6,21 Fuß hoch gehoben und fiel größtentheils in den Trichter zurück, der daher keine sonderliche Höhlung, jedoch einen Durchmesser von 26,91 Fuß hatte. Die Erschütterung war schwach.

Bei der Mine F wurde der Pulverkasten in dem untern Theil des cubischen Raumes oder der Kammer an=

angebracht, und dessen Mittelpunkt befand sich ungefähr 15,52 Fuß unter der Oberfläche der Erdstrecke oder Explosionsfläche. Die Wirkung war etwas größer als die bei der vorhergehenden Mine E. Die Garbe wurde etwas höher gehoben. Die Commotion oder Erschütterung war etwas stärker und der mehr ausgehöhlte Trichter hatte 28,72 Fuß zum Durchmesser.

Aus diesen Versuchen folgt:

1. daß die Wirkung des Schießpulvers, ungeachtet des großen Raumes in welchem sie Statt fand, sich dennoch vermehrt hat; denn beide Minen haben größere Trichter getaget als die, welche von zwei gänzlich verdämmten Minen in gleicher Tiefe und mit gleicher Ladung würden hervor gegangen seyn.

2. Daß bei dergleichen Einrichtungen ein größeres Resultat erhalten wird, wenn das Schießpulver in dem untern statt in dem obern Theil des cubischen Raumes oder der Minenkammer angebracht wird. Diese Wahrheit kann in der Folge einen großen Einfluß auf die Theorie haben, welche der Gegenstand dieser Abhandlung ist.

Ver-

Versuch vom 5ten Nievose (Decbr.)

Um endlich den cubischen Raum oder den Kammerraum zu bestimmen, welcher die größte Wirkung, unter der angenommenen Voraussetzung, gewährt, nämlich: daß die Explosionslinie 10,35 Fuß und die Ladung 104,5 Pfd. Schießpulver betrage, wurden noch zwei Minenkammern G und H angelegt, deren Seitenlänge 4,14 Fuß betrug, wobei übrigens dieselben Umstände, wie bei den vorhergehenden Versuchen, Statt fanden.

Bei der Mine G wurde die Garbe 8,25 Fuß hoch gehoben. Die Erschütterung war sehr schwach. Der Trichter war sehr schlecht ausgehöhlt, allein sein Durchmesser betrug nach mittlerm Maß, 30,1 Fuß, und war also unter den Trichtern aller Versuche der größte.

Die Mine H gab ein weit geringeres Resultat, welches der Beschaffenheit des Erdbodens zugeschrieben werden muß, der aus Sand mit Kies und großen Steinen vermischt, bestand. Es muß also dieser letzte Versuch als nicht geschehen, betrachtet werden.

Man

Man sieht leicht ein, daß wenn der Kammerraum zunimmt, die ausdehnende Kraft, oder das elastische Fluidum, ihrer größern Ausbreitung wegen, abnehmen muß; dagegen wird die Geschwindigkeit dieses Fluidums vergrößert, und kann also wohl, bis zu einer gewissen Gränze, die Commotion vermehren, dadurch beträchtlichere Massen erschüttern und so Gelegenheit zur Erweiterung des Trichters geben; jedoch können die beträchtlicheren Erdmassen, nun nicht mehr so hoch ausgeworfen werden, indem die darauf hinwirkende Kraft, nämlich die Menge des elastischen Fluidums, fast dieselbe bleibt. Dies fand bei dem Ofen G statt, wo die Erde nur 8,28 Fuß hoch ausgeworfen wurde und größtentheils in den Trichter zurück fiel, der demungeachtet einen Durchmesser von 30,1 Fuß hatte, mithin 5,78 Fuß größer war, als der Durchmesser des Trichters, den der Ofen oder die Ladung A getagt hat.

Dieselbe Theorie erklärt auch, warum die Ladung welche auf der Sohle der Minenkammer niedergelegt war, eine weit beträchtlichere Wirkung gewährte, als die, im obern Theile derselben nieder-

ge-

gelegte Ladung. Im letzten Fall nämlich stößt das Fluidum, indem es sich ausdehnt, heftig gegen die Sohle, die zwar sogleich weicht, aber bald darauf dem Fluido einen unüberwindlichen Widerstand entgegen setzt und demselben dadurch einen großen Theil seiner erlangten Geschwindigkeit entzieht.

Es ist leicht begreiflich, wie höchst nöthig es ist, hierüber noch mehrere Versuche anzustellen, um eine gehörig gegründete Theorie, über diesen wichtigen Gegenstand der Physik, zu erhalten. Indessen kann bis dahin immer als ganz gewiß angenommen werden, daß die um das Schießpulver gelassenen Räume, merklich dessen Wirkung vermehren.

Von der Trichtergestalt.

Man hat sich bemühet die Gestalt des Minentrichters zu bestimmen, um dessen Inhalt berechnen, und hiernach die Ladung regeln zu können; allein daß was bis jetzt über diesen Gegenstand geschehn, enthält nichts entsprechendes, und höchst wahrscheinlich wird auch das, was noch darüber ausgemittelt werden könnte, kein besseres Resultat geben.

Zuerst hielt man die Gestalt des Minentrichters für einen ganzen Kegel, dessen Spitze im Mittelpunkt des Minen-Ofens oder der Pulverladung liegt und dessen Grundfläche die Explosionsfläche ausmacht. Bald darauf wurde man, durch Aufräumung des Trichters, gewahr, daß die Erde um die Kammer entbunden sey, folglich der Trichter kein ganzer, vielmehr ein abgestumpfter Kegel seyn müsse. Nach näherer Untersuchung ergab sich, daß auch die Erde unterhalb der Minenkammer entbunden war, daher fügte man dem kleineren Kreise des abgestumpften Kegels, noch ein Kugelsegment hinzu, welches Gelegenheit zur Hypothese gab, daß die Trichtergestalt ein Paraboloide sey. Bei den beiden letzten Annahmen ist der Durchmesser des kleinen Kreises, der Explosionslinie gleich, welches eine allgemeine Gleichung giebt, die geeignet ist, den Inhalt des Trichters zu berechnen. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 6. oder S. 23 d. Abhand.). Indessen bleiben die Meinungen zwischen dem abgestumpften Kegel und dem Paraboloiden getheilt. Die Anhänger der Meinung, daß die Gestalt des Minentrichters ein abgestumpfter Kegel sey, behaupten,

ten,

ten, daß die Erde unterhalb der Minenkammer nur bloß durch das Eindringen des elastischen Fluidums zusammen gepreßt und getrennt, aber keinesweges ausgeworfen, folglich bei Berechnung der Ladung auch nicht zu berücksichtigen sey. Die, welche der Meinung beitreten, daß der Minentrichter ein Paraboloide sey, behaupten dagegen, daß die unter der Minenkammer, durch das Eindringen des elastischen Fluidums, zusammen gepreßte und getrennte Erde, durch die Federkraft des Fluidums, die da, wo das Eindringen aufhört, eine Rückwirkung erhält, herausgeworfen werde, und deshalb bei Bestimmung der Ladung zu berücksichtigen sey. Es scheint keinem Zweifel unterworfen zu seyn, daß man dem Minentrichter, bei dessen Aufräumung, jede beliebige Gestalt geben kann, weil es nicht möglich ist, zwischen dem Schutt und der Quetschung, weder die Gränze der ausgeworfenen Masse, noch das Eindringen des elastischen Fluidums in den Erdrissen, gewahr zu werden. Diese verschiedenen Meinungen über die Gestalt des Minentrichters, haben es nicht behindert, durch verschiedene Versuche, die Pulverladung zu bestimmen, die für jede Erdart, unter

gleicher

gleicher Explosionslinie, solche Trichter tagt, deren oberer Durchmesser doppelt so groß ist, als die Explosionslinie. Außerdem ist die genaue Kenntniß der Trichtergestalt gar nicht so wichtig; denn bei verschiedenen Explosionslinien, wie auch die Trichter gestaltet seyn mögen, werden diese Gestalten unter sich, mithin auch mit denen, welche die Versuche in einem gleichartigen Boden gewähren, ähnlich seyn; woraus folgt, daß sich die Inhalte der Trichter zu einander verhalten, wie die Würfel ihrer gleichliegenden Seiten oder Linien, d. h. wie die Würfel ihrer Explosionslinien. Mithin sind auch die durch Versuche bestimmten Ladungen hinlänglich, diejenigen Ladungen anzugeben, die jeder Trichtertiefe entsprechen, um eine ähnliche Wirkung zu tagen, ohne deshalb andere Mittel als die Analogie, d. i. das Aehnlichkeitsverhältniß der Würfel der Explosionslinien, anzuwenden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß, wegen außerordentlicher Verschiedenheit des Erdreichs, man selten solches antrifft, welches durchaus mit dem gleichartig ist, das zu den Versuchen benutzt worden, woraus oft eine Ungewißheit, der anzuwendenden Ladung, entsteht.

steht. Um diese zu vermeiden, braucht man aber nur, bei Anordnung beträchtlicher unterirdischer Vertheidigungen, einige Probeminen anzulegen, indem man zu ihren Ladungen, die Ladung des Erdreichs der Versuche nimmt, welches die meiste Aehnlichkeit mit dem Erdreiche hat, worin die erwähnte Anlage Statt finden soll.

Von den unverdämmten Minen.

Das Schießpulver braucht nicht in verschlossenen Räumen niedergelegt zu werden, um große Wirkungen zu tagen. Am Fuße einer Mauer, auf, oder noch besser unter dem Schluß eines Gewölbes angebracht, wird ein Faß mit Schießpulver gefüllt, diese Gegenstände, vermöge der Explosion, zertrümmern. So auffallend diese Wirkungen im ersten Augenblick sind, so hören sie doch auf es zu seyn, sobald man nur über die außerordentliche Geschwindigkeit nachdenkt, mit welcher das Schießpulver bei seiner Verbrennung sich ausdehnt. Mit Robins angenommen, daß die initiale elastische Kraft des sich entwickelnden Fluidums nur 1000mal größer ist als die der Atmosphäre, so ist die Geschwindigkeit,

mit

mit welcher dieses Fluidum sich zu bewegen strebt, dieselbe, welche ein schwerer Körper erlangt, der 32000 Fuß in der Leere herab fällt, welches eine gleichförmige Geschwindigkeit von ungefähr 1400 Fuß auf die Zeitsecunde giebt. Hiernach läßt sich schließen, was für eine Wirkung 104,5 Pfd. Schießpulver hervor bringen werden, die sich mit solcher Geschwindigkeit bewegen können. Wird nun noch zu dieser außerordentlichen Bewegung, der Widerstand der Luft und ihre Reaction auf die Gegenstände, welche sich der Ausdehnung des Fluidums entgegen stellen, hinzu gefügt, so wird man die großen Wirkungen des Schießpulvers sehr natürlich finden.

Eine Colonne von 17 Wagen mit Schießpulver beladen, befand sich, 1727 zu Perpignan in dem Augenblick als das Pulver zufällig Feuer fing, in eine, durch eine Contregarde gedeckte Demilune. Die entstandene Explosion rasirte beide Werke und füllte den Graben so, als wenn niemals Werke daselbst vorhanden gewesen wären.

Für die Minirwissenschaft wäre es von großem Nutzen wenn man folgende Aufgabe auflösen könnte;

 näm-

nämlich: für irgend einen Gegenstand diejenige Menge Schießpulver zu bestimmen, die nahe bei solchem verbrannt, ihn über den Haufen zu werfen im Stande ist. Nach dem gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse ist die directe Auflösung dieser Aufgabe unmöglich. Im Uebrigen hängt sie von der Verbrennung des Schießpulvers ab, die successive, nach einem noch unbekannten Gesetze, geschieht. Nicht weniger hat die Federkraft der Luft einen bedeutenden Einfluß auf die Ausdehnung des Fluidums, dessen Hitze den umgebenden Lagen der Atmosphäre einen solchen Grad von widerstehender Kraft mittheilt, den sie in ihrem natürlichen Zustande nicht haben. Außerdem wird im Anfang der Verbrennung, ein Theil des Schießpulvers durch das, bei dieser Verbrennung zuerst entwickelte Fluidum, nach allen Seiten hingeworfen, und verbrennt an den Gränzen der Ausdehnungssphäre; endlich weichen alle Medien, da sie compressibel und elastisch sind, im ersten Augenblick, derjenigen Wirkung, die dahin strebt, sie umzuwerfen. Diese verschiedenen Umstände müßten nun unter sich combinirt werden, um diese Aufgabe streng auflösen zu können.

Man muß also, wegen mangelhafter Theorie, seine Zuflucht zu Versuchen nehmen, deren es aber leider, über diesen so wichtigen Gegenstand, nur sehr wenige giebt. Man weiß nur soviel, daß ein Faß mit 107 Pfd. Schießpulver, durch die Explosion, eine Mauer von 3 Fuß stark, umwerfen kann. Ferner, daß ein gleiches Faß mit Schießpulver, auf dem Schluß eines Gewölbes, das 12 bis 16 Fuß Spannung bei einer Bogenstärke von 1 bis 1½ Fuß hat, angebracht, solches in der Länge von 16 Fuß zu bersten vermag. Diese Versuche wurden in Italien durch den Capitain Gumpertz auf Befehl des Generals Chasseloup angestellt. (Aphor. Darst. d. K. M. S. 38).

Mehrere geschickte Minirer, unter andern besonders Mouzé, muthmaßten, daß man nicht allein die Verdämmung der Minen vermindern, sondern selbst gänzlich unterlassen könnte. Um nun in diesem Fall dieselben Resultate, wie bei den gewöhnlich verdämmten Minen, zu erhalten, muß die Ladung beträchtlich verstärkt werden; allein in welchem Verhältnisse? — Dies ist abermals eine Aufgabe, deren Auflösung allein der Erfahrung zusteht. Indessen

soll

Staatliche Bibliothek Passau

soll hier versucht werden, die Mittel aufzufinden, diese Aufgabe theoretisch zu lösen.

(Fig. 3.) Es sey daher F ein völlig geschlossener Minenofen oder Pulverraum der in ein incompressibles Medium niedergelegt, und so geladen ist, daß er einen Trichter DFD tagt, welcher des Drucks der Atmosphäre CDDC, wegen, weit kleiner als der Trichter EFE ist. Die Bedingung einer friabeln Zone, ist in diesem Falle wesentlich nöthig, um identische Effecte zu erhalten. Angenommen, daß der Explosionskörper bis p gekommen, daß er in diesem Punkte eine gewisse Geschwindigkeit hat, und daß das elastische Fluidum in diesem Augenblick einen bestimmten Raum einnimmt; ferner sey $B^{IV}B$ ein horizontaler Kanal, durch welchen der Ofen mit der äußern Luft in Verbindung gesetzt ist. Es ist einleuchtend, daß in dem Augenblick der Verbrennung, wo das Fluidum den Explosionskörper zu heben strebt, es auch zugleich die in dem Kanal vorhandene atmosphärische Luft zurück stoßen wird. Das Gas verbreitet sich hier also in einem größern Raume als im vorhergehenden Fall, und verliert daher einen Theil seiner Ausdehnungskraft.

Wird

Wird die Minenladung verstärkt, so sind die Gasvolumen den Ladungen proportional, und da die Oeffnnngen ll und ii, durch welche es entschlüpfen soll, fast dieselben bleiben, so ist es klar, daß wenn die Ladung vermehrt wird, auch zugleich die Dichtigkeit, des in dem Raume p^{IV} p^{III} u. s. w. B^{IV} B^{III} u. s. w. während der Explosion verbreiteten Fluidums, vermehrt wird. Wird dieselbe Bezeichnung, wie bei der Darstellung der Formel (⊙) u. s. w. hier beibehalten, und bezeichnet außerdem πS^2 die Luft in dem Kanal B^{IV} B; so geben

$$\pi R^2 . \frac{H}{n} + \pi R^2 b = \pi R^2 . \left(\frac{H}{n} + b\right) = \pi R^2 . (H + nb)$$

und $\pi S^2 x$ die, durch das elastische Fluidum fortgestoßenen Massen, die hier durch V und v angedeutet werden, an. Ist nun p^{IV} $p^{III} = e$; p^{III} $p^{II} = e^{I}$; p^{II} $p^{I} = e^{II}$ u. s. w. B^{IV} $B^{III} = E$; B^{III} $B^{II} = E^{I}$ u. s. w.; so kann angenommen werden, daß die Räume, e und E; e^{I} und E^{I} u. s. w., gleichförmig in derselben Zeit von den Körpern V und v durchlaufen werden, und da hier außerdem die bewegenden Kräfte dem R^2 und S^2 proportional sind, so finden,

für

für die Theorie der gleichförmigen Bewegung, folgende Gleichungen Statt:

$$R^2 . v . e = S^2 . V . E$$

$$R^2 . v . e^I = S^2 . V . E^I$$

$$\text{etc.} = \text{etc.}$$

$$\text{Summe } R^2 . v . (e + e^I + \ldots .) = S^2 . V . (E + E^I + \ldots .)$$

$$\text{Also } R^2 . v . H = S^2 . V . x$$

$$\text{Folglich } x = \frac{H . R^2 . v}{S^2 . V .}$$

Soll nun die Ladung F so vermehrt werden, daß der Explosionskörper, wenn er in p ankommt, z. B. dieselbe Geschwindigkeit habe, die er in dem Fall haben würde, wenn der Ofen oder Pulverraum bei einer geringern Ladung geschlossen wäre, so ist für diesen Augenblick der Explosion, die Dichtigkeit des Fluidums in beiden Fällen dieselbe. Allein die beiden Mengen des entwickelten elastischen Fluidums beider Pulverladungen, sind solchen proportional. Ist also F^I die gesuchte Ladung, σ und $\sigma + \sigma^I$ die von dem Fluido in dem Angenblick, wo der Explosionshalbmesser in p ankommt, eingenommenen Volumina, so ist $F : F^I = \sigma : \sigma + \sigma^I$. Durch x wird σ^I erhalten. Hieraus folgt, daß wenn σ^I bekannt ist,

d. h.

d. h. der Raum welchen das elastische Fluidum in dem Augenblick einnimmt, wenn der Punkt p^{IV} in p anlangt, so ist auch der Werth von F^{I} bekannt.

Wollte man σ bestimmen, so würde dies eine schwer aufzulösende Aufgabe seyn. Um aber eine besondere Anwendung zu machen, kann man σ, dem Raume $D^{I}DDD^{I}$ gleich setzen. Hierdurch ergiebt sich ein zu großer Werth, der dem ungeachtet für die Praktik unzureichend seyn kann, um den Verlust zu ersetzen, den das Fluidum, bei Vergrößerung des Rameau durch welchen es die Luft treibt, erleidet. Nur allein die Erfahrung kann über diese Theorie absprechen.

Aus eben dem Grunde, warum bei den Gewehren ein Pfropfen, oder bei den Kanonen ein Vorschlag auf die Ladung gesetzt wird, nämlich um ihre Wirkung durch den Widerstand dieser Gegenstände zu vermehren, wird auch die Minenladung mit Erde verdämmt. Allein die Wirkung dieser Verdämmung muß sich hier nicht allein auf die Vermehrung der Pulverwirkung beschränken, sondern auch zugleich verhindern, daß diese Wirkung nicht längs dem Rameau oder

Rau-

Raume, welcher gleichsam der Lauf oder das Rohr der Mine ist, Statt habe, als worin sich die Verdämmung der Mine von den andern Feuerwaffen unterscheidet.

Um nun diesen Zweck zu erreichen, muß die Verdämmung des Rameau, der Pulverwirkung einen Widerstand entgegen setzen, der dem Widerstande der Erde gleich ist, welche die Mine umgiebt. Diese Erde widersteht im Verhältniß ihrer Masse und ihrer Zähigkeit. Die Erfahrung hat gelehrt, daß in Thonartigen- oder solchen Erdarten die einige Consistenz haben, der Widerstand welcher aus der Zähigkeit hervorgeht, dem gleich ist, den die Masse gewährt.

Um das Verhältniß dieser Widerstände zu bestimmen, wurde ein Trichter aufgeräumt, wo die Explosionslinie 10,35 Fuß und die Ladung 106,59 Pfd. Pulver gewesen war. Die Minenkammer und der Rameau wurden wieder hergestellt, hierauf der Trichter ganz mit Erde angefüllt. Die Mine ward mit 53,295 Pfd. Pulver geladen, und wie die erste Mine verdämmt. Bei der Sprengung wurde alle Erde in derselben Höhe wie bei der ersten Mine aus-

ausgeworfen. Woraus man geschlossen, daß der Widerstand der Zähigkeit, dem der Masse gleich sey. Indessen ist dies keine allgemeine Regel, weil es nothwendig eben so viele Unterschiede der Zähigkeit giebt, als zwischen den Theilen, aus welchen die Erde besteht, Statt haben.

Hieraus folgt, daß, da die Erde, deren man sich zur Verdämmung bedient, nur eine geringe, dagegen die um die Mine ihre völlige Zähigkeit hat, man nicht anders das Gleichgewicht zwischen diesen verschiedenen Widerständen erhalten kann, als durch eine doppelte Masse Verdämmungserde, d. h. die Verdämmung muß der doppelten Explosionslinie, beim Gebrauch bloßer Erde, gleich seyn. Es ist möglich, diese Verdämmung auf die anderthalbmalige Explosionslinie, ja selbst auf noch weniger herab zu setzen, wenn man hinter jedem Thürgerüste die Verdämmung durch Holzwerk verriegelt, welches den Widerstand außerordentlich vermehrt, oder wenn man die Verdämmung mit einem andern Rameau, oder einer Galerie, welche ungefähr von der Mine um die anderthalbmalige Explosionslinie entfernt sind, kann zusammen treffen lassen.

Ueber=

Ueberhaupt muß ein Rameau, der zu einer Mine führt, deren Lage und Ladung bekannt ist, bis dahin verdämmt werden, wo er aus der Trennungssphäre dieser Mine tritt, wie er übrigens auch gestaltet uud geführt seyn mag. Mithin wird die Länge der Verdämmung durch eine leichte Rechnung gefunden.

Der Offizier der den unterirdischen Krieg leitet, muß mit größter Sorgfalt stets dahin trachten, Zeit zn gewinnen, und daher suchen die Verdämmung zu verkürzen, um seinen Gegner zuvor zu kommen. Diesen Zweck erreicht er, wenn er die Minenladungen zweckmäßig abändert; indem er nämlich solche nach und nach verstärkt, kann er auch nach und nach die Verdämmung verkürzen, und selbst, der Wirkung unbeschadet, sie ganz unterlassen. Diesen schönen Satz verdankt man theilweise dem Druck der Atmosphäre, und er ist die natürliche Folge von dem was bereits gesagt worden. Die Gewalt der Mine wächst mit den Ladungen, wie die Wirkung mit der Ursache zunimmt.

Obgleich dieser Satz als sehr natürlich erscheint, so war es dennoch nöthig, daß er von einem ge-

schick-

schickten Minirer wahrgenommen u. bewiesen wurde. Belidor hat 1759 hierüber den ersten Versuch gemacht, indem er 281 Pfd. Schießpulver unter einer Explosionslinie von 8,28 Fuß, am Ende von vier Retours oder Schlägen, ohne alle Verdämmung niederlegen ließ. Der Trichterdurchmesser war 31 Fuß und die Trichtertiefe 9,3 Fuß. Dieser Belidor'sche Versuch ließ jedoch noch viel zu wünschen übrig, und wurde auf eine weit vollkommnere Art zu Metz im Jahre Neun (den 23. Septbr. 1800) durch den Bataillons-Chef Mouzé wiederholt; woraus hervor ging: daß wenn eine Mine so geladen wird, daß sie einen Trichterhalbmesser tagt, der der Explosionslinie gleich ist, und der zu verdämmende Rameau oder Kammerhals, eine Durchschnittsfläche hat, die den zwölften Theil der zu erwartenden Trichterfläche nicht übersteigt, man ungefähr folgende Resultate, der aufgestellten Hypothese gemäß, erhalten wird.

Ver-

Versuch.	Ladung.	Länge der Verdämmung.
1ster	Gewöhnliche = 1.	Ganze oder . . = 1.
2ter	Um $\frac{1}{4}$ vermehrte od. = $1\frac{1}{4}$.	Auf $\frac{2}{3}$ verminderte oder . . = $\frac{2}{3}$.
3ter	Um die Hälfte vermehrte = $1\frac{1}{2}$.	Auf $\frac{1}{3}$ verminderte oder . . = $\frac{1}{3}$.
4ter	Doppelte od. = 2.	Gänzlich unterlassene oder . = 0.

Wird die Ladung noch mehr verstärkt, so wird auch natürlich die Wirkung vermehrt. Indessen sind diese Versuche noch nicht hinreichend, ja selbst der Autor wünscht deren mehrere und in einem weitern Umfange, um darauf eine zuverläßige Theorie gründen zu können. Eine Theorie die nothwendig wichtige Modificationen in der bis jetzt üblichen Art, den unterirdischen Krieg zu führen, herbei führen muß.

Von den Minen deren Trichter in einander greifen.

Man sagt von zwei Minen, daß sich ihre Trichter berühren, wenn die äußern oder größten Kreise ihrer Trichter, in einem Punkte zusammen treffen, dagegen greifen die Trichter in einander ein, wenn ihre äußern oder größten Kreise sich gegenseitig durchschneiden. Es ist übrigens einleuchtend, wenn die Trichter in einander eingreifen, d. h. wenn die Entfernung ihrer Explosionslinien kleiner als die Summe der Halbmesser der größten Kreise der Trichter ist, daß sodann ein Erdtheil vorhanden seyn muß, der beiden Trichtern gemein ist. Alix und andere Minirer vor und nach ihm, haben daher geschlossen, daß in diesem Fall die Ladung beider Minen, um die Menge Schießpulver, welche dem gemeinschaftlichen Erdtheil proportional ist, vermindert werden könnte (*). Unmöglich kann man

(*) Daß die Ladungen stets Explosionskörper oder Garben auswerfen die ihnen proportional sind, ist zwar nach den Tournaischen-Versuchen 1686 angenommen, aber nicht bewiesen worden, und ist nur ein besonderer Fall der Minen-Theorie.

man dieser Meinung beitreten, denn wenn die Trichter in einander eingreifen sollen, so will man große Wirkungen tagen; ein ziemlich großes Stück Erdboden ganz auswerfen; kurz gesagt, man will länglichte oder elliptische Trichter, statt der Kreisförmigen, hervorbringen. Durch die Verminderung der Ladung wird dies nicht erhalten, weil die Trichter nun nicht mehr so weit in einander eingreifen können, indem der Halbmesser der äußern Kreise, durch gedachte Verminderung, kleiner geworden. Wenn außerdem, bei Verbrennung der Ladung dieser Minen, die, aus beider Ladung verstückelte Pulverluft, sich nicht gegenseitig vereinigt hat, ehe die atmosphärische Luft hinzu zu treten im Stande ist, so daß die vereinigte Pulverluft beider Ladungen in Gesammtkraft gegen solche wirkt, so wird jede dieser Minen nur einen Trichter tagen, der ihrer Ladung entspricht; mithin werden, bei einer Verminderung der Ladung, wie schon gesagt, kleinere Trichter sich bilden. Es scheint also, daß die Ladung dieser Minen eher verstärkt, als vermindert werden müsse. Der bei Tournay 1686, statt gehabte Versuch, dient dies zu bestätigen. Hier lagen auf den

Ecken

Ecken eines Quadrates, von 20 Fuß Seitenlänge, vier gewöhnliche Minen 20 Fuß tief, die zugleich gesprengt, einen Trichter tagten, dessen Durchmesser nur so groß war, als er von einer einzigen dieser Minen, wenn sie isolirt lag, gewesen seyn würde; die Minengarbe aber, ward weit höher als gewöhnlich, ausgeworfen. Der Versuch am 30. September 1796 bei Berlin, wo auf jeder Ecke eines gleichseitigen Dreiecks, von 5 Fuß Seitenlänge, eine mit 23 Pfd. Pulver geladene Mine 6 Fuß tief lag, fiel dahin aus, daß im Ganzen ein Trichter von 15 Fuß im Durchmesser und 5 Fuß tief getaget, und die Minengarbe weit höher als gewöhnlich ausgeworfen wurde. Man sehe die Denkwürdigkeiten und Tagesgeschichte der Mark Brandenburg, von Kosmann und Heinsius. 2r. Bd. 1796. S. 1182.

Dieser Gegenstand erheischt also noch zahlreiche Versuche, und bis solche Statt gefunden, scheint es am zweckmäßigsten, jede dieser Minen, ihrer Explosionslinie gemäß, zu laden. Sollte indessen der obwaltenden Umstände wegen, die Beobachtung des Professor Alix, der Schule zu Verdün, berücksichtiget werden müssen, so würden, in diesem Fall,

dessen

dessen Formeln dennoch unzureichend seyn, und zwar:

1. Weil er den Druck der Atmosphäre nicht berücksichtiget hat.

2. Weil seine Formeln nur für den Fall brauchbar sind, wenn die Minen, deren Trichter in einander eingreifen, gleiche Explosionslinien haben, und die Halbmesser der äußern Trichterkreise den Explosionslinien gleich sind.

Außerdem hat Alix von dieser Aufgabe zwei besondere Auflösungen gegeben; die eine für den abgestumpften Kegel, die andere für den Paraboloiden. Der Capitain Gillot hat in seinem Traite de Fort. sout. eine allgemeine Auflösung dieser Aufgabe gegeben. Hier wird jedoch davon keine Anwendung gemacht, weil, wie bereits erwähnt, diese Verminderung für nicht anwendbar zu halten ist.

Vom Werfen der Projectilen durch die Explosion der Minen.

Der Macheral de camp von der Artillerie, de Rugi, scheint der erste gewesen zu seyn, der die Idee gehabt hat, Projectile durch die Explosion der

der Minen zu werfen. Zu Verdun sind 1796 Versuche darüber angestellt worden, um den Winkel auszumitteln unter welchem die Körper geworfen werden müssen, damit sie die größtmöglichste Wurfweite durch die Explosion der Mine erreichen. Aus diesen Versuchen ergab sich unter andern, daß die Mine bei einer Explosionslinie von 15,52 Fuß und 359,48 Pfd. Pulverladung, einen Trichter tagte, dessen äußerer Durchmesser doppelt so groß als die Explosionslinie war, und eine Bombe von 12 Zoll Durchmesser, unter einem Winkel von 10 Grad, 175,95 Fuß weit warf. Dieser Projections- oder Wurfwinkel wird von der Axe des Trichters, und der Linie vom Mittelpunkt des Schießpulvers bis zum Schwerpunkte des zu werfenden Körpers, gebildet. Die Bombe lag 2,78 Fuß vom Mittelpunkt des Pulvers entfernt, am Ende der zuletzt gedachten Linie, welche mit der Axe des Trichters den Winkel von 10 Grad bildete. Diese 2,78 Fuß, betragen den sechsten Theil von 16,68 Fuß, als so tief die Sohle des Pulvers sich befand.

Könnten durch die Explosion der Minen die Brandröhren der Bomben gezündet werden, so wür-

den die Bomben in den gedeckten Wegen, den Gräben, und im Innern der Werke geworfen, für die Belagerer eine neue Waffe seyn.

Dies sind die vorzüglichsten Gründe auf welche die Theorie der Krieges-Minen beruht; die nothwendige Vervollkommnung derselben, kann nur durch ein vollständiges System von Versuchen herbei geführt werden, welches von einem Minirofficier entworfen wird, der nicht allein ein geschickter Theoretiker und vollkommener Praktiker seyn, sondern zugleich auch, mit ausgedehnten Kenntnissen in der Fortification, noch die Kenntniß der andern Theile der Kriegeskunst, verbinden muß.

Berichtigungen

in der aphoristischen Darstellung der Krieges-Minen.

S. 3 Z. 14, hinter: Trichters, setze: und doppelt so groß als der Halbmesser des kleinsten Kreises.
S. 3 Z. 4 von unten, streiche: höchstens.
S. 4 Z. 6, statt: Kleeblatts, lies: Kleeblatt.
S. 4 Z. 11, statt: im, lies: in.
S. 6 Z. 5, statt: verrichten, lies: vernichten.
S. 9 Z. 2, statt: 1638, lies: 16,38.
S. 13 Z. 4, statt: fetter, lies: fette.
S. 13 Z. 3 von unten, statt: Entzündung, lies: Verbrennung.
S. 14 Z. 3, hinter: entzündet, setze: und verbrennt.
S. 15 Z. 6, statt: geleiteten, lies: geleitete.
S. 15 Z. 7, statt: Versuchen, lies: Versuche.
S. 16 Z. 13, statt: tiefer, lies: tief.
S. 20 Z. 9 von unten, statt: ungelöschten, lies: ungelöschtem.
S. 25 Z. 15, statt: zulegende, lies: zu legende.
S. 29 Z. 5, statt: der, lies: die.
S. 29 Z. 9, statt: gekörnten, lies: gekörntem.
S. 30 Z. 5 von unten, statt: den, lies: dem.
S. 38 Z. 11, statt: mehreren, lies: mehrere.
S. 39 Z. 1, statt: au, lies: auf.
S. 39 Z. 5, statt: Streifen, lies: Steifen.
S. 39 Z. 2 von unten, statt: denselben, lies: demselben.
S. 39 Z. 2 von unten, statt: einer, lies: eine.
S. 39 Z. 1 von unten, statt: übergelegten, lies: übergelegte.

Be-

Berichtigungen

in dem Allgemeinen Ueberblick der Physicalisch-Mathematischen-Theorie der Krieges-Minen.

S. 9 Z. 1, statt: durch eine bestimmte Geschwindigkeit, lies: mit einer bestimmten Geschwindigkeit.

S. 10 Z. 13, statt: Volumen, lies: Volumens.

S. 12. Z. 7 u. 8 von unten, hinter: flüssig-luftigen, setze: oder elastisch-flüssigen (Fluides aériformes).

S. 18. Z. 4 von unten, statt: etwann, lies: etwa.

S. 19 Z. 10, statt: den, lies: dem.

S. 23 Z. 3 von unten, statt: Halbmessor, lies: Halbmesser.

S. 29 Z. 1 von unten, muß das Trennungszeichen, bei Minen-Trichter wegfallen.

S. 34 Z. 2 hinter Richtung fehlt ein Comma.

S. 34 Z. 9, statt: Halbmesser, lies: Halbmessern.

S. 38 Z. 14, statt: Trichtershalbmessers, lies: Trichterhalbmessers.

S. 41 Z. 6, statt: wie die Explosionsaxen, lies: wie die Würfel der Explosionsaxen.

S. 51 Z. 5 von unten, statt. $\sqrt{(89{,}0702)}$, lies: $\sqrt{89{,}0702}$.

S. 53 Z. 5, statt: Miniren, lies: Minirern.

S. 53 Z. 5 von unten, setze hinter 13,19 ein Semikolon.

S. 54 Z. 9 von unten, streiche das Wort: davon.

S. 62 Z. 5 von unten, statt: Belagerer, lies: Belagerers.

S. 64 Z. 4, statt: Bedeckung, lies: Deckung.

S. 65.

S. 65 Z. 1 von unten, fehlt hinter: erste, das Wort: auf.

S. 70 Z. 10, statt: der, lies: die Wirkung.

S. 76 Z. 1, statt: letztern, lies: letzterem.

S. 81 Z. 9 von unten, statt: zu zuschreiben, lies: zuzuschreiben.

S. 86 Z. 10, hinter Raum, setze ein Comma.

S. 87 Z. 5, statt: verbrannt war, lies: verbrannte.

S. 87 Z. 2 von unten, lies: Statt, für: statt.

S. 105 Z. 1, hinter: ausgeworfen, setze statt des Punkts, ein Semikolon.

S. 112 Z. 5 von unten, statt: Projectilen, lies: Projectile.

Fortsetzung der Berichtigungen

in dem Allgemeinen Ueberblick der Physicalisch-Mathematischen Theorie der Krieges-Minen.

S. 24 Z. 3, statt: $\sqrt{(H+CI)} : \sqrt{IC}$, lies: $\sqrt{(FC+CI.} : \sqrt{FC.}$

S. 26 Z. 6, statt: Exblosionslinien, lies: Explosionslinien.

S. 26 Z. 17, statt: Ansdruck, lies: Ausdruck.

S. 29 Z. 3, statt: 39,83, lies: 39,33.

S. 30 Z. 14, statt: $\frac{P}{p}$, setze: $\frac{p}{P}$.

S. 35 Z. 4, statt: te, setze: le.

S. 42 Z. 13, statt: gleichlanfend, lies: gleichlaufend.

S. 43 Z. 9, statt: 1,63, setze: 0,63.

S. 43 Z. 10, statt: 0,75, setze: 0,57.

S. 45 Z. 12, statt: b, setze: l.

S. 46 Z. 4, statt: $\left(P\right)^2$, setze: $\left(\frac{p}{P}\right)^2$.

S. 46 Z. 10, statt: n^3, setze: u^3.

S. 47 Z. 2, füge hinzu: $= 0$.

S. 51 Z. 5 von unten, statt: $\sqrt{(89{,}0702)}$, setze: $|\overline{(89{,}9702)}$.

S. 51 Z. 9, statt: 78,38, setze: 79,38.

S. 51 Z. 10, statt: 64,89, setze: 64,98.

S. 81 Z. 3, statt: tiefer ausgehoben u. s. w., lies: tiefer gebrochen und eine stärkere Erschütterung wurde empfunden.

S. 81 Z. 5, lies: Die Mine C warf ihre Garbe nicht ganz so hoch, als die beiden vorhergehenden Minen A und B. Der Trichter war auch minder ausgehöhlt, u. s. w.

S. 91 Z. 2, statt: das elastische Fluidum, setze: des elastischen Fluidums.

S. 92 Z. 12, lies: gelassenen geschlossenen Räume.

S. 100 Z. 14, auf die Kupfertafel Fig. 3, statt: $13.\ 13^{I}.\ 13^{II}.\ 13^{III}.\ 13^{IV}$, setze: $B.\ B^{I}.\ B^{II}.\ B^{III}.\ B^{IV}$.

S. 101 Z. 12, statt: $(H+nb)$, lies: $\left(\frac{H+nb}{n}\right)$.

Fig. 1.

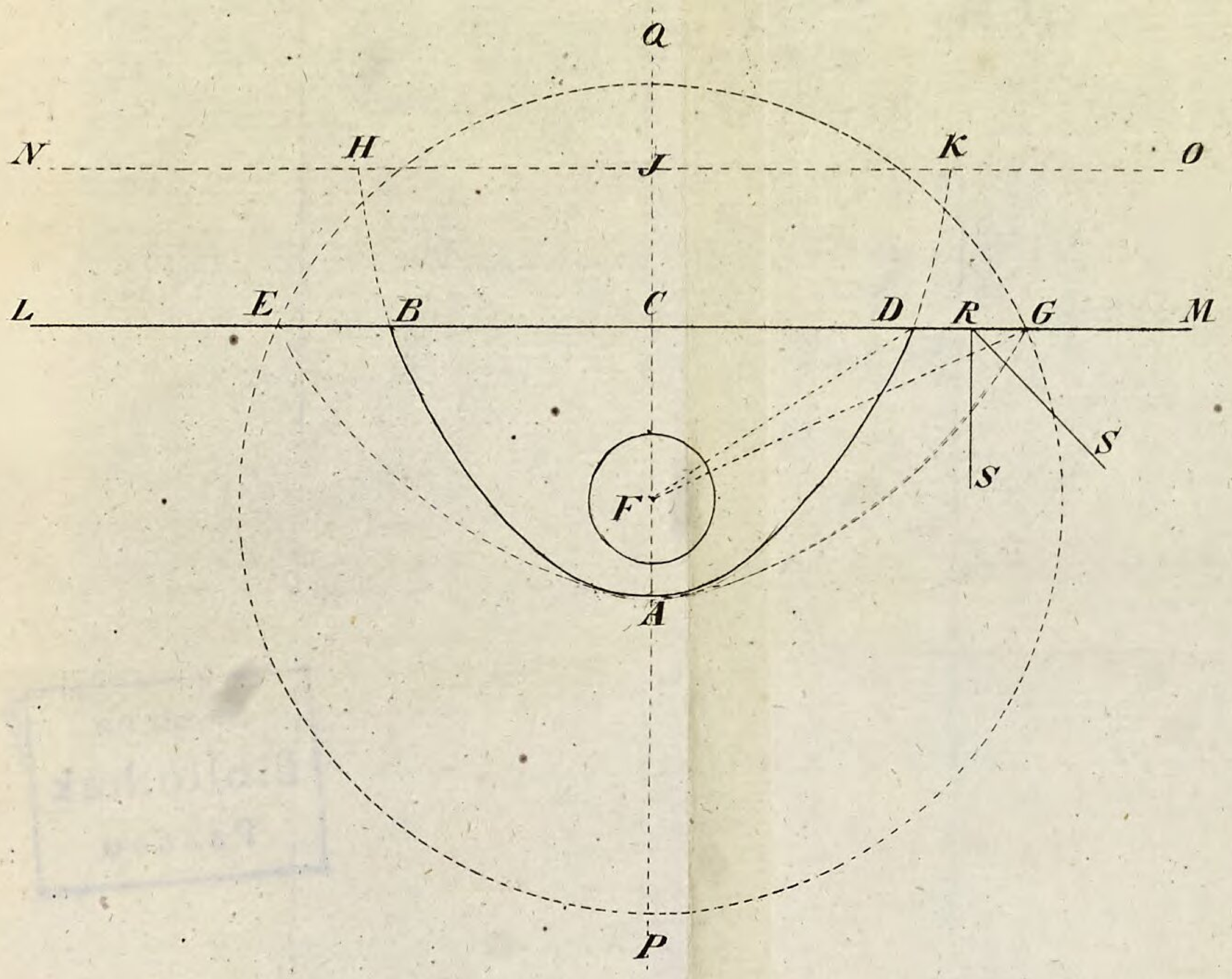


Fig. 3.

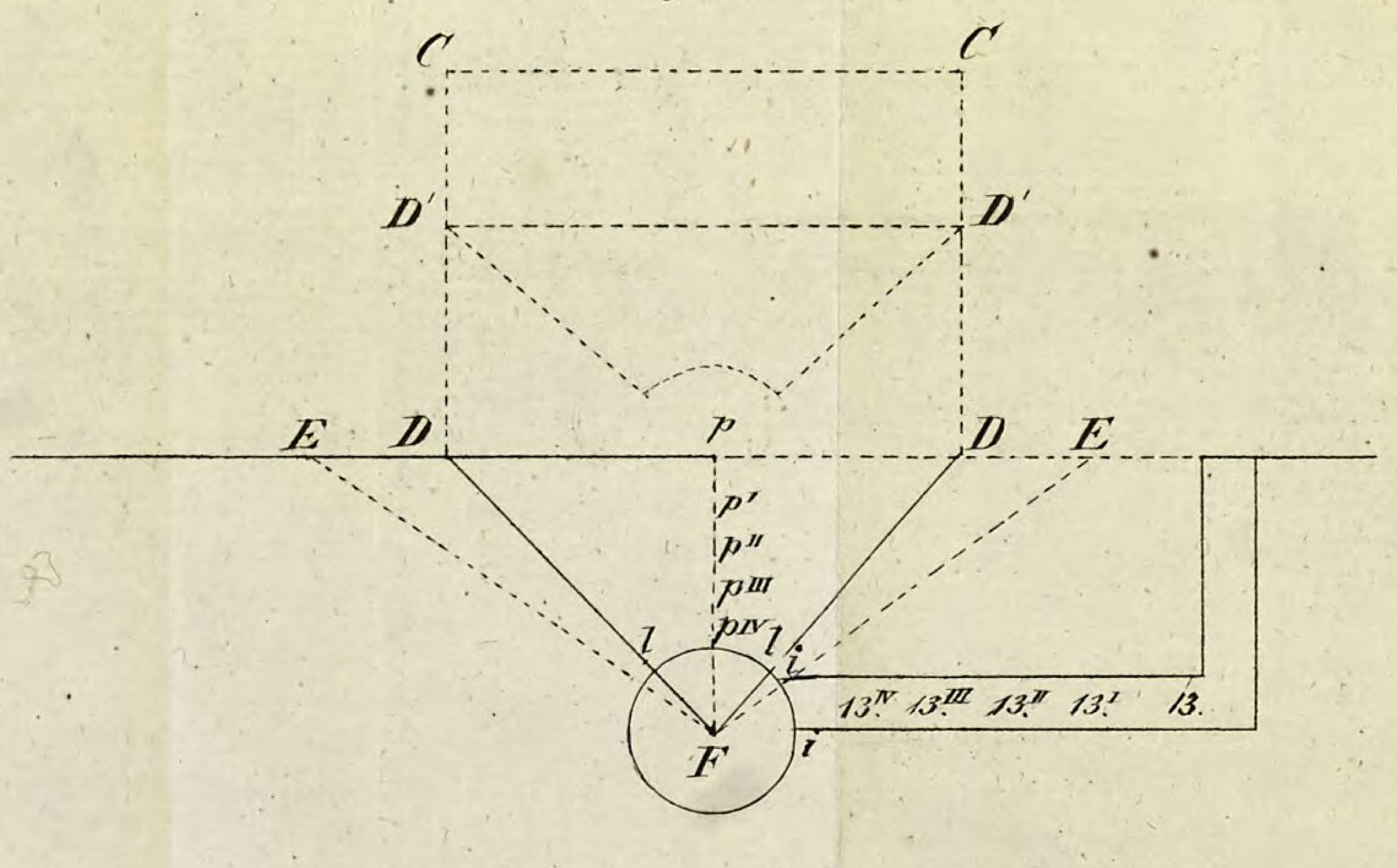
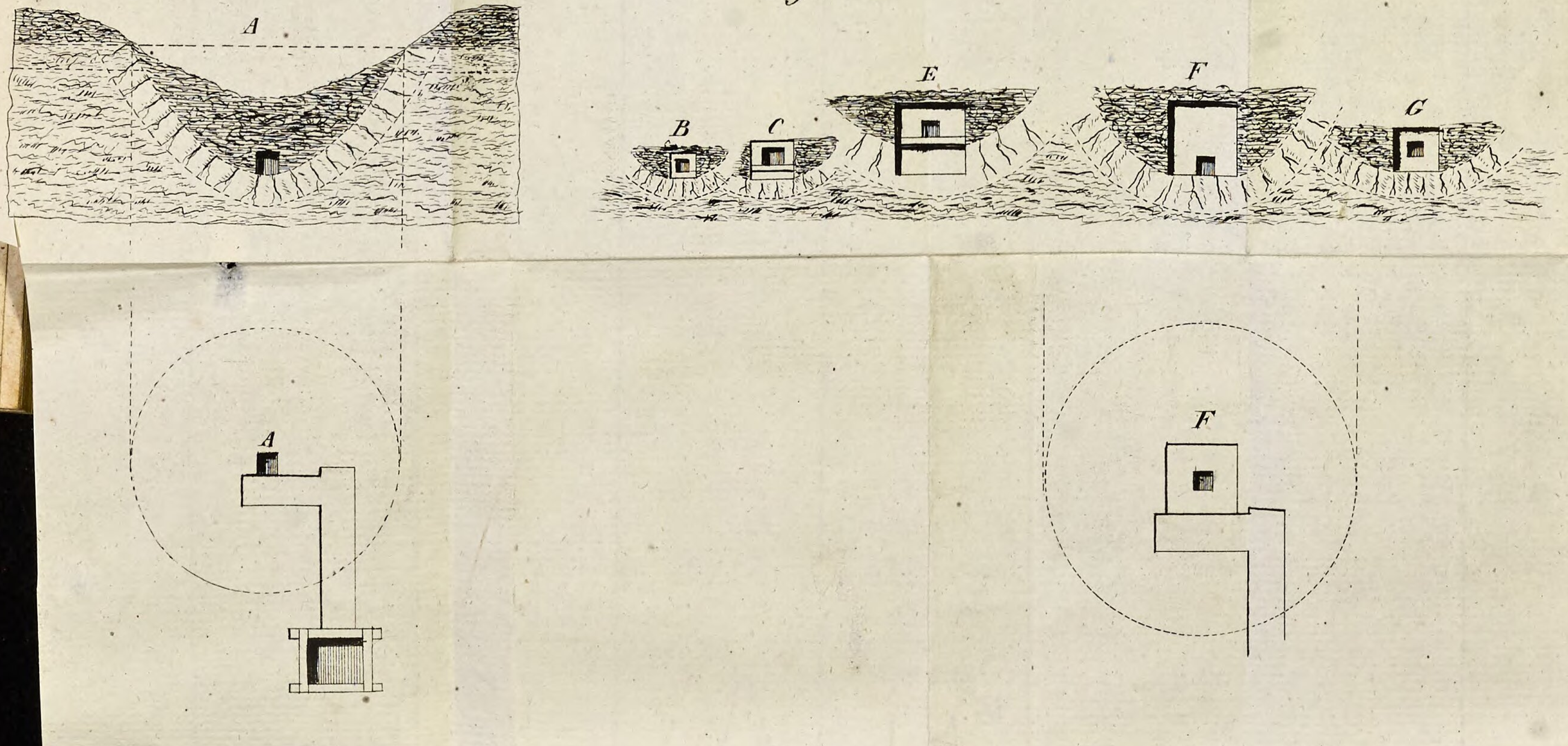


Fig. 2.



Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Rohde, Johann Philipp <<von>>,

Allgemeiner Ueberblick der physicalisch-mathematischen Theorie der Krieges-Minen oder Erörterungen über solche, zur Erweiterung der Aphoristischen Darstellung der Krieges-Minen

Berlin 1826

Passau, Staatliche Bibliothek -- S nv/Mg (b) 159
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11343927-4